



TUGAS AKHIR - RE091324

**PERENCANAAN PENERAPAN SISTEM DRAINASE
BERWAWASAN LINGKUNGAN (EKO-DRAINASE)
MENGUNAKAN SUMUR RESAPAN DI KAWASAN
RUNGKUT**

**DEA NATHISA MULIAWATI
NRP. 3310 100 005**

**Dosen Pembimbing
Ir. MAS AGUS MARDYANTO, M.Eng., PhD.**

**JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015**



FINAL PROJECT - RE091324

AN IMPLEMENTATION ON ECO-DRAINAGE SYSTEM BY USING INFILTRATION WELLS IN RUNGKUT AREA

DEA NATHISA MULIAWATI
NRP. 3310 100 005

Supervisor
Ir. MAS AGUS MARDYANTO, M.Eng., PhD.

DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2015

LEMBAR PENGESAHAN

**Perencanaan Penerapan Sistem Drainase Berwawasan
Lingkungan (Eko-Drainase) Menggunakan Sumur
Resapan Di Kawasan Rungkut**

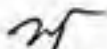
TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh:

**DEA NATHISA MULIAWATI
NRP. 3310 100 005**

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:



**Ir. Mas Agus Mardiyanto, MEng., PhD.
NIP : 19620816 1999003 1 004**



ABSTRAK

PERENCANAAN PENERAPAN SISTEM DRAINASE BERWAWASAN LINGKUNGAN (EKO-DRAINASE) MENGUNAKAN SUMUR RESAPAN DI KAWASAN RUNGKUT

Nama	: Dea Nathisa Muliawati
Nrp	: 3310 100 005
Jurusan	: Teknik Lingkungan
Fakultas	: FTSP-ITS
Dosen Pembimbing	: Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.Eng., PhD.

Abstrak

Kawasan Rungkut merupakan daerah dengan kegiatan industri selalu menarik penduduk untuk bermigrasi sehingga mengakibatkan semakin pesatnya perkembangan penduduk. Kecamatan Rungkut memiliki luas 21,08 km² dengan jumlah kepadatan penduduk 5.279 jiwa/km². Pertambahan jumlah penduduk yang semakin pesat dan pertambahan pembangunan permukiman/perumahan serta fasilitas penunjang lainnya tidak diimbangi dengan perkembangan sistem drainase. Salah satu dampaknya adalah meningkatnya aliran permukaan langsung dan menurunnya kuantitas air yang meresap ke dalam tanah, sehingga terjadi genangan/banjir pada musim hujan dan menjadi ancaman kekeringan air di musim kemarau.

Diperlukan adanya suatu perencanaan penerapan sistem drainase dimana terjadi perubahan konsep drainase konvensional menjadi konsep drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) agar nantinya kelebihan air terutama air hujan dapat ditampung dan dikendalikan supaya meresap ke dalam tanah sehingga mengurangi peluapan air ke permukaan yang menyebabkan terjadinya genangan. Dengan adanya perencanaan penerapan dengan konsep drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) diharapkan dapat mengurangi genangan/banjir yang

terjadi di Kawasan Rungkut dan dapat mendukung adanya usaha Konservasi Sumber Daya Air.

Dimensi sumur direncanakan secara tipikal dengan kedalaman air di sumur 1 m, dengan luas 4 m², kapasitas 1 buah sumur sebesar 0,0032 m³/detik - 0,044 m³/detik, sehingga dibutuhkan sebanyak 282 buah sumur resapan yang direncanakan ditempatkan di wilayah tangkapan air dari saluran drainase yang terjadi genangan. Dana yang dibutuhkan dalam pembuatan 1 sumur resapan adalah sebesar Rp 6.700.000,00

Kata kunci: Eko-drainase, Sumur Resapan, Genangan.

ABSTRACT

AN IMPLEMENTATION ON ECO-DRAINAGE SYSTEM BY USING INFILTRATION WELLS IN RUNGKUT AREAS

Name : Dea Nathisa Muliawati
ID Number : 3310 100 005
Department : Environmental Engineering
Faculty : FTSP - ITS
Supervisor : Ir. Mas Agus Mardyanto,
M.Eng., PhD.

Abstrak

The industrial area of Rungkut—Surabaya is changing to be a dense area, rapidly. Right now, the area of the Sub—District Rungkut is about 21.08 km² with total population density of 5,279 persons/ km². However, the increase in the number of inhabitants, and as a consequence, the increase in the developed areas, is not followed by the development of drainage systems, properly. As a result, the drainage system in the area is not sufficient for servicing runoff, since almost all runoff water flows directly to the canals and no water can seep into the ground. Therefore, some areaa in the sub district are inundated during a rainfall.

An effort to reduce runoff before it flows into canals is needed. The use of seepage wells, one of eco—drainage infrastuctures, is introduced. This infrastucture is not only reducing runoff but also recharging groundwater, as well.

The dimension of the infiltration wells is about 1 m in depth and 2 m in width (square). The seepage capacity of each well is 0,032 m³/sec - 0.044 m³/sec. To reduce the inundation problem in the Rungkut Sub-District, 282 infiltration wells are needed. The fund needed in the manufacture of 1 infiltration well is Rp 6,700,000.00.

Key words: Eco-drainage, Infiltration Wells, Inundation

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala nikmat dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“Perencanaan Penerapan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (Eko-drainase) Menggunakan Sumur Resapan Di Kawasan Rungkut”**. Pada kesempatan ini, penulis hendak memberikan ucapan terima kasih kepada:

1. Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.Eng., PhD. selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, atas bimbingan dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ir. Didik Bambang, MT., Ir. Atiek Moesriati, M.Kes., dan Beiby Voijant, ST., MT. PhD selaku dosen penguji Tugas Akhir.
3. Dosen-dosen pengajar di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS untuk ilmu dan pengetahuan yang sangat berguna bagi Penulis.
4. Mama, papa, mas Dipta, dek Tita atas dukungan, doa dan motivasi.
5. Seluruh keluarga besar yang turut mendukung dan menodakan kelancaran Tugas Akhir ini.
6. Sahabat kesayangan Lailyzo, Tania”ginuk”, “mak”ega, “cumik”, irfan”brewok” yang telah membantu, menemani dan memberi semangat dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Teman-teman Teknik Lingkungan angkatan 2010 (L-28) yang selalu setia memberikan semangat dan dukungan kepada penulis.
8. Seluruh teman-teman spesial khususnya Devucanizar, Hirin, Willdan, Fernanda yang sudah menemani saya melewati suka duka dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
9. Seluruh pegawai/karyawan Teknik Lingkungan FTSP-ITS yang selalu mendukung saya dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih terdapat kekurangan dalam Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, Penulis mengharapkan saran dan kritik yang bersifat membangun demi kelengkapan Tugas Akhir ini. Harapan Penulis, Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Surabaya, Januari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	3
1.4. Manfaat	3
1.5. Ruang Lingkup	3
BAB 2 GAMBARAN UMUM WILAYAH	
PERENCANAAN	5
2.1. Gambaran Umum Kecamatan Rungkut	5
2.2. Daerah Genangan.....	6
2.3. Kondisi Geologi dan Topografi	6
2.4. Keadaan Klimatologi	6
2.5. Penggunaan Lahan	7
BAB 3 TINJAUAN PUSTAKA	9
3.1. Drainase.....	9
3.1.1. Drainase Perkotaan	10
3.1.2. Peran Drainase.....	10
3.1.3. Konsep Drainase	11
3.2. Analisis Hidrologi.....	12
3.2.1. Analisa Curah Hujan Harian Maksimum (HHM)	13
3.2.2. Uji Kesesuaian Distribusi	16
3.2.3. Analisa Intensitas Hujan	18
3.2.4. Metode Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan	22
3.2.5. Analisis Debit Limpasan Hujan	24

3.2.6. Analisis Debit Air Buangan	26
3.3. Analisis Hidrolika	28
3.3.1. Analisis Kapasitas Saluran Eksisting	28
3.4. Aspek Lingkungan.....	29
3.4.1. Metoda Sumur Resapan.....	30
3.4.2. Kegunaan Sumur Resapan.....	30
3.4.3. Prinsip Kerja Sumur Resapan.....	31
3.4.4. Perencanaan Pembuatan Sumur Resapan	32
3.4.5. Konstruksi Sumur Resapan	34
3.4.6. Penerapan Sumur Resapan	35
3.4.7. Jenis Sumur Resapan.....	36
3.5. Pengertian Banjir/Genangan	36
3.5.1. Upaya Pengendalian Banjir dan Genangan	36
BAB 4 METODA PERENCANAAN	39
4.1. Umum.....	39
4.2. Tahapan Perencanaan.....	39
4.3. Kerangka Perencanaan.....	42
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
5.1. Analisis Hidrologi.....	43
5.1.1. Tes Homogenitas Data Curah Hujan	44
5.1.2. Analisis Curah Hujan Harian Maksimum (HHM) Rencana	45
5.1.3. Uji Keselarasan (Goodnes Of Fit)	55
5.1.4. Analisis Intensitas Hujan.....	59
5.1.5. Perhitungan Rumus Lengkung Intensitas Hujan Rencana	67
5.2. Analisis Hidrolika	74
5.2.1. Analisis Kapasitas Saluran Eksisting	74
5.2.2. Analisis Intensitas Hujan Rencana	75
5.2.3. Analisis Debit Rencana.....	77
5.2.4. Analisis Perbandingan Debit Rencana Dengan Debit Saluran Eksisting	78
5.3. Penerapan Metode Sumur Resapan	83
5.4. Bill Of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Sumur Resapan.....	98
5.4.1. Bill Of Quantity (BOQ).....	96

5.4.2. Rencana Anggaran Biaya (RAB)	97
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	99
6.1. Kesimpulan.....	99
6.2. Saran.....	100

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

"HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN"

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Batas Wilayah Kecamatan Rungkut.....	5
Gambar 4.1. Skema Alur Perencanaan.....	42
Gambar 5.1. Gumbel Probability Paper.....	47
Gambar 5.2. Grafik Homogenitas	48
Gambar 5.3. Perbandingan Nilai Hujan Harian Maksimum Metode Gumbel dan Log Pearson Tipe III.....	55
Gambar 5.4. Distribusi Intensitas Hujan PUH 2 Tahun..	66
Gambar 5.5. Distribusi Intensitas Hujan PUH 5 Tahun..	66
Gambar 5.6. Distribusi Intensitas Hujan PUH 10 Tahun	67
Gambar 5.7. Lengkung Intensitas Hujan PUH 2 Tahun.	72
Gambar 5.8. Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun.	73
Gambar 5.9. Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun.	74
Gambar 5.10. Rencana Desain Konstruksi Sumur Resapan Tampak Atas (Denah)	93
Gambar 5.11. Rencana Desain Konstruksi Sumur Resapan (Potongan A-A)	94

"HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN"

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Data Curah Hujan.....	7
Tabel 3.1. Hubungan Kondisi Lahan Dengan Intensitas Curah Hujan	11
Tabel 3.2. Periode Ulang Hujan Untuk Desain Saluran Drainase	11
Tabel 3.3. Hubungan Reduksi Variat Rata-rata (Y_n) Dengan Jumlah Data (n)	14
Tabel 3.4. Hubungan Antara Deviasi Stadar (S_n) dan Reduksi Variatit Dengan Jumlah Data (n) ...	15
Tabel 3.5. Nilai Kritis D_o Untuk Uji Smirnov – Kolmogorov.....	18
Tabel 3.6. Kurva Intensitas Durasi Kota Jakarta.....	20
Tabel 3.7. Koefisien Pengaliran (C)	25
Tabel 3.8. Koefisien Kekasaran Manning (n).....	29
Tabel 3.9. Koefisien Permeabilitas Tanah	33
Tabel 3.10. Jarak Minimum Sumur Resapan Air Hujan Terhadap Bangunan	35
Tabel 5.1. Data Curah Hujan Maksimum Stasiun Hujan Wonorejo	43
Tabel 5.2. Perhitungan $(R-R_t)^2$	44
Tabel 5.3. Curah Hujan Maksimum Rata-rata.....	49
Tabel 5.4. Variasi Nilai Y_t	49
Tabel 5.5. Perhitungan Hujan Harian Maksimum Metode Gumbel	50
Tabel 5.6. Hasil Perhitungan Rentang Keyakinan Metode Gumbel	51
Tabel 5.7. Hasil Perhitungan Hujan Harian Maksimum (HHM) Rencana Metode Gumbel Dengan Rentang Keyakinan 90%.....	51

Tabel 5.8. Hasil Perhitungan Metode Log Pearson Tipe III	52
Tabel 5.9. Nilai Kx Untuk Distribusi Log Pearson Tipe III Dengan Nilai Cs.....	53
Tabel 5.10 Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum Metode Log Pearson Tipe III	54
Tabel 5.11. Perbandingan Nilai Hujan Harian Maksimum Metode Gumbel dan Log Pearson Tipe III ...	54
Tabel 5.12. Nilai Peringkat Debit Curah Hujan dan Probability	56
Tabel 5.13. Perhitungan Uji <i>Chi Square</i> Metode Gumbel.....	
Tabel 5.14 Perhitungan Probabilitas Curah Hujan Uji Smirnov Kolmogorov Metode Gumbel....	58
Tabel 5.15. Nilai Kritis D_0 Untuk Uji Smirnov Kolmogorov.....	59
Tabel 5.16. Pedoman Pola Hujan Setiap Jam Menurut Tanimoto.....	60
Tabel 5.17. Pola Distribusi Hujan Harian Maksimum Per Jam dari Jam ke-1 Sampai Jam ke -4...	61
Tabel 5.18. Distribusi Intensitas Hujan Dengan Metode Bell	62
Tabel 5.19. Intensitas Hujan Dengan Metode Van Breen	
Tabel 5.20 Kurva Intensitas Durasi Kota Jakarta.....	63
Tabel 5.21. Distribusi Intensitas Hujan Dengan Metode Van Breen.....	63
Tabel 5.22. Distribusi Intensitas Hujan Dengan Metode Hasper – Der Weduwen.....	64
Tabel 5.23. Perbandingan Hasil Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan Dengan Ketiga Metode	65
Tabel 5.24. Lengkung Intensitas Hujan untuk PUH 2 Tahun.....	69

Tabel 5.25. Lengkung Intensitas Hujan untuk PUH 5Tahun.....	69
Tabel 5.26. Lengkung Intensitas Hujan untuk PUH 10 Tahun.....	70
Tabel 5.27. Rumus Intensitas Hujan Untuk Periode Ulang Hujan 2 Tahun, 5 Tahun, dan 10 Tahun.....	70
Tabel 5.28. Selisih Intensitas Hujan Metode Talbot, Sherman, dan Ishiguro untuk PUH 2 Tahun	71
Tabel 5.29. Selisih Intensitas Hujan Metode Talbot, Sherman, dan Ishiguro untuk PUH 5 Tahun	72
Tabel 5.30. Selisih Intensitas Hujan Metode Talbot, Sherman, dan Ishiguro untuk PUH 10 Tahun.....	73
Tabel 5.31. Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting ..	79
Tabel 5.32. Penentuan Nilai C	79
Tabel 5.33. Analisis Intensitas Hujan Rencana	80
Tabel 5.34. Analisis Debit Rencana	80
Tabel 5.35. Perhitungan perbandingan Debit Rencana Dengan Debit saluran Eksisting	83
Tabel 5.36. Jenis Tanah dan Permeabilitas Tanah Kawasan Rungkut	84
Tabel 5.37. Analisis Jumlah Sumur Resapan di Wilayah Rungkut	91
Tabel 5.38. Bill Of Quantity (BOQ) Sumur Resapan .	96
Tabel 5.39. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Sumur Resapan	97

"HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN"

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai salah satu sumber daya alam, air merupakan suatu benda alam yang sangat penting untuk dilestarikan keberadaannya. Bila air hujan dibiarkan menggenang di lingkungan atau kawasan permukiman tanpa adanya sarana untuk mengalirkan dan meresapkan ke dalam tanah, maka akan sangat mengganggu kesehatan lingkungan. Namun sisi lain, jika seluruh air hujan dialirkan melalui saluran air hujan (saluran drainase) yang ada ke sungai-sungai tanpa ada sedikitpun bagian yang di resapkan ke dalam tanah, hal ini pun mengakibatkan terganggunya keseimbangan tata air dan hidro ekosistem di lingkungan atau kawasan permukiman tersebut. Kenyataan yang sering terjadi selama ini bahwa biasanya air hujan dari lingkungan permukiman dialirkan melalui saluran air hujan (saluran drainase) yang kedap air, tanpa terpikir sedikitpun untuk meresapkan kembali ke sebagian ke dalam tanah. Selain itu, masih banyak dijumpai perencanaan-perencanaan perumahan yang belum sesuai dengan kondisi setempat dan kepentingan lingkungannya (SNI: 03-2453-2002).

Konsep drainase yang secara umum di terapkan di hampir seluruh pelosok wilayah saat ini adalah konsep drainase konvensional, dimana konsep tersebut sudah mulai banyak dievaluasi. Konsep ini memiliki paradigma penanganan drainase dengan prinsip bahwa seluruh air hujan yang jatuh di suatu wilayah harus secepat-cepatnya dibuang ke sungai/saluran drainase. Jika semua air hujan di alirkan secepat-cepatnya ke sungai tanpa diupayakan agar air mempunyai waktu cukup untuk meresap ke dalam tanah, semakin lama akan berakibat fatal karena sungai-sungai akan menerima beban yang melampaui dari kapasitasnya, sehingga sungai meluap dan dapat mengakibatkan terjadinya genangan.

Beberapa upaya penanganan drainase seperti normalisasi sungai dan saluran drainase atau perbaikan dan penambahan saluran hanya dapat menanggulangi permasalahan

drainase untuk jangka pendek (Suripin, 2004). Oleh karena itu diperlukan upaya penanganan yang tidak hanya memecahkan permasalahan drainase dalam jangka pendek, tetapi juga dapat menangani permasalahan drainase secara terintegrasi. Perencanaan drainase perlu memperhatikan fungsi drainase yang dilandaskan pada konsep pembangunan yang berwawasan lingkungan. Salah satu penanganannya adalah konsep drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) menggunakan sumur resapan. Konsep ini berkaitan langsung dengan usaha konservasi Sumber Daya Air, yang prinsipnya adalah mengendalikan air hujan supaya dapat meresap ke dalam tanah dan tidak banyak terbuang sebagai aliran permukaan.

Kota Surabaya merupakan salah satu kota yang sering dilanda banjir pada saat musim hujan. Berbagai upaya telah dilakukan dalam kurun waktu beberapa tahun terakhir ini, namun sampai saat ini banjir masih terlihat di berbagai tempat. Khusus pada wilayah Surabaya Timur, Kawasan Rungkut merupakan daerah dengan kegiatan industri selalu menarik penduduk untuk bermigrasi sehingga mengakibatkan semakin pesatnya perkembangan penduduk. Kecamatan Rungkut memiliki luas 21,08 km² dengan jumlah kepadatan penduduk 5.279 jiwa/km². Pertambahan jumlah penduduk yang semakin pesat dan pertambahan pembangunan permukiman/perumahan serta fasilitas penunjang lainnya tidak diimbangi dengan perkembangan sistem drainase. Pertambahan jumlah debit yang keluar akibat pertambahan jumlah perumahan serta bangunan lainnya seringkali sudah tidak memenuhi kapasitas tampungnya pada saluran drainase yang sudah ada. Pada Kawasan Rungkut daerah yang selalu tergenang air pada saat musim hujan adalah di daerah sepanjang Saluran Sekunder Rungkut. Tinggi genangan air pada saat musim hujan mencapai 30 cm dengan lama genangan 1 sampai 1,5 jam di lokasi-lokasi tertentu.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari perencanaan Tugas Akhir ini adalah:

- Saluran drainase yang sudah ada tidak berfungsi secara maksimal.

- Terjadinya banyak genangan di beberapa tempat pada wilayah sekitar Saluran Sekunder Rungkut.

1.3 Tujuan

Tujuan dari perencanaan Tugas Akhir ini adalah mengurangi terjadinya genangan di beberapa tempat pada wilayah Rungkut dengan konsep drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) menggunakan sumur resapan.

1.4 Manfaat

Manfaat dari perencanaan Tugas Akhir ini adalah:

- Mengurangi terjadinya genangan yang terdapat di kawasan Rungkut.
- Mendukung adanya usaha Konservasi Sumber Daya Air.
- Sebagai model acuan dan ilmu pengetahuan di bidang prasarana kota dalam penilaian dampak rencana penerapan konsep drainase berwawasan lingkungan atau lebih dikenal dengan konsep eko-drainase.
- Berguna bagi pemerintah kota sebagai rekomendasi dan bahan pertimbangan bagi pihak terkait serta berguna bagi perencana kota sebagai informasi dalam pengambilan kebijakan dan perencanaan tata ruang, khususnya tentang pengambilan sistem drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase).

1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari perencanaan Tugas Akhir ini adalah:

- Perencanaan ini dibatasi pada daerah yang mengalami genangan, dan juga di sepanjang Saluran Sekunder Rungkut.
- Konsep eko-drainase yang akan dibahas dan digunakan pada perencanaan ini adalah menggunakan sumur resapan.

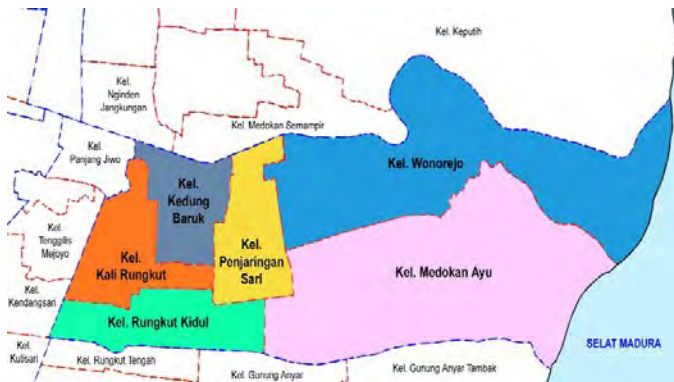
“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB 2

GAMBARAN UMUM WILAYAH PERENCANAAN

2.1 Gambaran Umum Kecamatan Rungkut

Kecamatan Rungkut adalah kecamatan yang dipilih dengan pertimbangan bahwa daerah ini selalu tergenang air pada saat musim hujan. Secara geografis Kecamatan Rungkut termasuk dari wilayah Surabaya dengan ketinggian $\pm 4,6$ m diatas permukaan air dengan batas wilayah seperti pada Gambar 2.1 sebagai berikut:



Gambar 2.1. Batas Wilayah Kecamatan Rungkut

- Utara : Kecamatan Sukolilo (Kel. Panjang Jiwo, Kel. Kedung Baruk, Kel. Penjaringan Sari, Kel. Wonorejo).
- Timur : Selat Madura.
- Selatan : Kabupaten Sidoarjo (Kel. Gunung Anyar, Kel. Kutisari, Kel. Rungkut Menanggal, Kel. Gunung Anyar Tambak).
- Barat : Ahmad Yani (Kel. Panjang Jiwo, Kel. Prapen, Kel. Tenggilis Mejoyo, Kel. Kendangsari, Kel. Kutisari).

Luas Wilayah Kecamatan Rungkut \pm 2180 ha dan terdiri dari 6 kelurahan.

2.2 Daerah Genangan

Lokasi genangan di Kecamatan Rungkut menurut peta genangan dari Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya dengan kedalaman genangan berkisar antara 0-70 cm (Gambar peta dapat dilihat pada lampiran) dan lama genangan berkisar antara 0-2,5 jam (Gambar peta dapat dilihat pada lampiran).

2.3 Kondisi Geologi dan Topografi

Saluran primer Rungkut terletak di Jl. Raya Tenggilis Mejoyo yang berbentuk trapesium dan terplengseng dengan baik. Kondisi saluran ini cukup bagus dengan tingkat sedimentasi yang rendah serta tanggul saluran yang masih bagus. Saluran sekunder Rungkut didominasi oleh perumahan dengan tingkat kerapatan yang rendah serta area lahan terbuka. Inlet pada saluran ini kecil serta elevasi jalan yang lebih rendah. Kedalaman muka air tanah pada wilayah Rungkut berkisar antara 0 hingga 2 meter. Kondisi itu dapat dilihat pada lampiran.

Jenis tanah di wilayah perencanaan umumnya adalah tanah lempung dengan permeabilitas $\pm 6,87 \times 10^{-10}$ m/detik. (Laboratorium Mekanika Tanah dan Batuan, Teknik Sipil FTSP-ITS).

2.4 Keadaan Klimatologi

Berdasarkan data Klimatologi dari Stasiun Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika yang berlokasi di Perak (BMKG Perak II). Temperatur bulanan kawasan Rungkut antara 25°-28° C. Hujan maksimum bulanan terjadi pada bulan Januari dan minimum pada bulan Agustus. Konsentrasi hujan 7 jam-an terjadi antara pukul 15.00 sampai pukul 22.00 WIB. Rata-rata minimum kelembaban relatif 60%. Data curah hujan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Data Curah Hujan

No.	Tahun	Tinggi Hujan (R)
1	2001	115
2	2002	200
3	2003	115
4	2004	76
5	2005	85
6	2006	90
7	2007	153
8	2008	71
9	2009	68
10	2010	98
11	2011	98
12	2012	94
13	2013	95
Jumlah		1358

Sumber: Balai PSAWS Butung Paketing Surabaya

2.5 Penggunaan Lahan

Penggunaan lahan yang ada di wilayah Rungkut termasuk daerah terbangun yang meliputi sebagian besar permukiman, industri, danau, tambak, dan fasilitas umum lainnya. Penggunaan lahan rencana mengacu pada rancangan RTRW Kota Surabaya 2015 yang tidak banyak mengalami perubahan. Hanya di beberapa bagian yang mengalami perubahan fungsi lahan. Peta tutupan lahan dapat dilihat pada lampiran.

“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB 3

TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Drainase

Pengertian drainase menurut beberapa ahli, antara lain:

- a) Drainase adalah prasarana yang berfungsi untuk mengalirkan air permukaan ke badan air yaitu sumber air permukaan tanah yang berupa sungai, danau, laut dan dibawah permukaan tanah berupa air tanah di dalam tanah atau bangunan (Maryono, 2007)
- b) Drainase yaitu suatu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh air tersebut (Suhardjono, 1984).
- c) Drainase mempunyai arti mengalirkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air. Secara umum, drainase didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal. Drainase juga diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas (Suripin, 2004).

Dirunut dari hulunya, bangunan sistem drainase terdiri dari saluran penerima (*inceptor drain*), saluran pengumpul (*collector drain*), saluran pembawa (*conveyor drain*), saluran induk (*main drain*), dan badan air penerima (*receiving waters*). Di sepanjang sistem sering dijumpai bangunan lainnya seperti gorong-gorong, siphon, jembatan air (*aqueduct*), pelimpah, pintu-pintu air, bangunan terjun, kolam tandon, dan stasiun pompa.

Saat ini sistem drainase sudah menjadi salah satu infrastruktur perkotaan yang sangat penting. Kualitas manajemen mutu suatu kota dapat dilihat dari kualitas sistem drainase yang ada. Sistem drainase yang baik dapat membebaskan kota dari genangan air (Suripin, 2004).

3.1.1. Drainase Perkotaan

Drainase perkotaan adalah drainase di wilayah kota yang berfungsi untuk mengendalikan atau mengelola air permukaan sehingga tidak mengganggu maupun merugikan masyarakat (Cipta Karya, 2012). Akar permasalahan banjir di perkotaan berasal dari penambahan penduduk yang sangat cepat, di atas rata-rata pertumbuhan nasional, akibat urbanisasi, baik migrasi musiman maupun permanen. Pertambahan penduduk yang tidak diimbangi dengan penyediaan sarana dan prasarana perkotaan yang memadai mengakibatkan pemanfaatan lahan perkotaan menjadi acak-acakan (semrawut). Pemanfaatan lahan yang tidak tertib inilah yang menyebabkan persoalan drainase di perkotaan menjadi sangat kompleks (Suripin, 2004).

Drainase perkotaan terbagi menjadi dua, yaitu drainase air hujan (storm water drainage) dan drainase air limbah (sewer drainage). Drainase air hujan terletak di atas permukaan tanah dan drainase air limbah terletak di bawah permukaan tanah. Adanya pemisahan antara drainase air hujan dan air limbah ini dikarenakan air hujan yang turun ke bumi masih dapat digunakan untuk kehidupan manusia dan makhluk lainnya, karena tidak mengandung partikel-partikel atau zat-zat yang merugikan harus dibuat sistem drainase tersendiri di bawah permukaan tanah, agar tidak mengganggu kehidupan makhluk hidup.

Kriteria yang dipakai sebagai patokan agar suatu kawasan memenuhi syarat terhadap keparahan genangan/banjir ditunjukkan pada Tabel 3.1.

3.1.2. Peran Drainase

Sistem drainase dalam wilayah perkotaan memiliki peran yang sangat penting, diantaranya:

1. Mengeringkan bagian wilayah kota dari genangan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif.
2. Mengalirkan air permukaan ke badan air terdekat secepatnya.
3. Mengendalikan kelebihan air permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.

Tabel 3.1. Hubungan Kondisi Lahan Dengan Intensitas Curah Hujan

Derajat Curah Hujan	Intensitas Curah Hujan (mm/jam)	Kondisi
Hujan sangat lemah	<1,20	Tanah agak basah atau dibasahi sedikit
Hujan lemah	1,20 - 3,00	Tanah menjadi basah semuanya, tetapi sulit membuat puddel
Hujan normal	3,00 - 18,0	Dapat dibuat puddel dan bunyi hujan terdengar
Hujan deras	18,0 - 60,0	Air tergenang di seluruh permukaan tanah dan bunyi keras hujan terdengar berasal dari genangan
Hujan sangat deras	> 60,0	Hujan seperti ditumpahkan, sehingga saluran dan drainase meluap

Sumber: Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Suripin, 2004

Tabel 3.2. Periode Ulang Hujan Untuk Desain Saluran Drainase

No.	Jenis Kawasan	Saluran Primer	Saluran Sekunder	Saluran Tersier
1.	Permukiman:			
	Kota Sedang	5 - 10 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun
	Kota Kecil	10 - 20 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun
2.	Industri	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun
3.	Perumahan	5 - 20 tahun	2 - 5 tahun	2 - 5 tahun

Sumber: Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. Suripin, 2004.

3.1.3. Konsep Drainase

Secara garis besar konsep drainase yang ada di bagi menjadi:

a) Drainase Konvensional

Konsep Drainase Konvensional (lama) menekankan pada upaya membuang atau

mengatuskan air kelebihan, dalam hal ini air hujan secepat-cepatnya dialirkan ke sungai dan seterusnya mengalir ke laut. Konsep ini jika ditinjau lebih lanjut akan menimbulkan dampak negatif yang sangat besar. Jika hal ini dilakukan pada semua kawasan, akan memunculkan berbagai masalah, baik di daerah hulu, tengah, maupun hilir. Konservasi air di kawasan yang di-*drain* rendah, dengan kata lain terjadi penurunan peresapan air permukaan ke dalam tanah. Muka air tanah cenderung turun karena infiltrasi rendah penurunan ini membawa akibat terhadap ekologi dan dimungkinkan terjadi penurunan muka tanah (Maryono, 2007)

b) Drainase Berwawasan Lingkungan (eko-drainase)

Definisi konsep drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) yaitu upaya mengelola kelebihan air dengan cara meresapkan ke dalam tanah secara alamiah sebanyak-banyaknya atau mengalirkan ke sungai tanpa melampaui kapasitas sungai (Maryono, 2003). Konsep dasar pengembangan drainase yang berkelanjutan yaitu dengan meningkatkan daya guna air, meminimalkan kerugian serta memperbaiki dan konservasi lingkungan (Suripin, 2004).

Terdapat 2 (dua) pola yang digunakan antara lain:

- Pola detensi (menampung air sementara), misalnya dengan membuat kolam penampungan.
- Pola retensi (meresapkan), antara lain dengan membuat sumur resapan, saluran resapan, bidang resapan, dan kolam resapan.

3.2. Analisis Hidrologi

Analisis terhadap aspek hidrologi merupakan hal yang sangat penting dalam perencanaan saluran air hujan. Porses analisis hidrologi pada dasarnya merupakan proses penholahan data curah hujan, data luas dan ben tuk daerah pengaliran (*catchment area*), data kemiringan lahan atau beda tinggi, dan data tata guna lahan yang kesemuanya memiliki arahan untuk

mengetahui besarnya curah hujan maksimum, koefisien pengaliran, waktu konsentrasi, intensitas curah hujan, dan debit banjir rencana. Nilai-nilai yang dihasilkan dari analisa hidrologi adalah informasi data awal yang digunakan untuk perhitungan pada tahap selanjutnya. Dalam analisis hidrologi yang menjadi data utama antara lain:

- Luas daerah pengaliran
- Curah hujan
- Koefisien pengaliran, yang dapat dipengaruhi oleh faktor:
 - Tata guna lahan
 - Keadaan dan jenis tanah serta batuan
 - Kemiringan medan dan dasar sungai

3.2.1. Analisis Curah Hujan Harian Maksimum (HMM)

Analisa curah hujan Harian Maksimum (HHM) dapat menggunakan beberapa metode sebagai berikut :

1. Metode Gumbel.

Hujan rencana dengan periode ulang tertentu ditentukan dengan menggunakan Metode Gumbel. Persamaan yang dipakai adalah (Soewarno, 1995):

$$X = \bar{X} + \frac{S}{S_n} (Y - S_n) \quad \text{Dengan:} \quad Y = -\ln \left[\ln \frac{T}{T-1} \right]$$

Dimana:

- | | |
|----|---|
| X | = Hujan dengan masa ulang T |
| S | = Standart Deviasi |
| T | = Periode Ulang |
| Y | = Nilai Reduksi varian variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu |
| Yn | = Nilai rata-rata reduksi dan varian (mean of reduced variable) nilainya tergantung dari jumlah data (n) dan dapat dilihat pada Tabel 3.3. |
| Sn | = Deviasi Standar dari reduksi varian (standart deviation of the reduced varian) nilainya tergantung dari jumlah data (n) dan dapat dilihat pada Tabel 3.4. |

Tabel 3.3. Hubungan Reduksi Variat Rata-rata (Y_n) dengan Jumlah Data (n)

n	Y_n	n	Y_n	n	Y_n	n	Y_n
10	0,4595	34	0,5396	58	0,5518	82	0,5572
11	0,4996	35	0,5402	59	0,5518	83	0,5574
12	0,5053	36	0,5410	60	0,5521	84	0,5576
13	0,5070	37	0,5418	61	0,5524	85	0,5578
14	0,5100	38	0,5424	62	0,5527	86	0,5580
15	0,5128	39	0,5430	63	0,5530	87	0,5581
16	0,5157	40	0,5436	64	0,5533	88	0,5583
17	0,5181	41	0,5442	65	0,5535	89	0,5585
18	0,5202	42	0,5448	66	0,5538	90	0,5586
19	0,5220	43	0,5453	67	0,5540	91	0,5587
20	0,5236	44	0,5458	68	0,5543	92	0,5589
21	0,5252	45	0,5463	69	0,5545	93	0,5591
22	0,5268	46	0,5468	70	0,5548	94	0,5592
23	0,5283	47	0,5473	71	0,5550	95	0,5593
24	0,5296	48	0,5477	72	0,5552	96	0,5595
25	0,5309	49	0,5481	73	0,5555	97	0,5596
26	0,5320	50	0,5485	74	0,5557	98	0,5598
27	0,5332	51	0,5489	75	0,5559	99	0,5599
28	0,5343	52	0,5493	76	0,5561	100	0,5600
29	0,5353	53	0,5497	77	0,5563		
30	0,5362	54	0,5501	78	0,5565		
31	0,5371	55	0,5504	79	0,5567		
32	0,5380	56	0,5508	80	0,5569		
33	0,5388	57	0,5511	81	0,5570		

Sumber: Soewarno, 1995

Tabel 3.4. Hubungan Antara Deviasi Standar (Sn) dan Reduksi Variat dengan Jumlah Data (n)

n	Sn	n	Sn	n	Sn	n	Sn
10	0,9496	33	1,1226	56	1,1696	79	1,1930
11	0,9676	34	1,1255	57	1,1708	80	1,1938
12	0,9933	35	1,1285	58	1,1721	81	1,1945
13	0,9971	36	1,1313	59	1,1734	82	1,1953
14	1,0095	37	1,1339	60	1,1747	83	1,1959
15	1,0206	38	1,1363	61	1,1759	84	1,1967
16	1,0316	39	1,1388	62	1,1770	85	1,1973
17	1,0411	40	1,1413	63	1,1782	86	1,1980
18	1,0493	41	1,1436	64	1,1793	87	1,1987
19	1,0565	42	1,1458	65	1,1803	88	1,1994
20	1,0628	43	1,1480	66	1,1814	89	1,2001
21	1,0696	44	1,1499	67	1,1824	90	1,2007
22	1,0754	45	1,1519	68	1,1834	91	1,2013
23	1,0811	46	1,1538	69	1,1844	92	1,2020
24	1,0864	47	1,1557	70	1,1854	93	1,2026
25	1,0915	48	1,1574	71	1,1863	94	1,2032
26	1,1961	49	1,1590	72	1,1873	95	1,2038
27	1,1004	50	1,1607	73	1,1881	96	1,2044
28	1,1047	51	1,1623	74	1,1890	97	1,2049
29	1,1086	52	1,1638	75	1,1898	98	1,2055
30	1,1124	53	1,1658	76	1,1906	99	1,206
31	1,1159	54	1,1667	77	1,1915	100	1,2065
32	1,1193	55	1,1681	78	1,1923		

Sumber: Soewarno, 1995

2. Metode Log Pearson Type III

Parameter – parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Log Pearson III adalah:

- Harga rata – rata (Mean)
- Simpangan baku (Standart Deviasi)
- Koefisien kemencengan (Skewnes)

Adapun langkah – langkah perhitungan Curah Hujan Rencana adalah sebagai berikut (Soewarno, 1995):

- a. Data curah hujan harian maksimum tahunan sebanyak n tahun dalam bentuk logaritma.
- b. Hitung harga rata – ratanya sebagai berikut:

$$\overline{\text{Log}X} = \frac{\sum \text{Log}X}{n}$$

Dimana:

X = Curah hujan maksimum
 n = Jumlah data hujan maksimum
 Xi = Curah hujan rata-rata maksimum

- c. Hitung harga Standart deviasinya:

$$\overline{\text{SdLog}X} = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log} Xi - \overline{\text{Log} X})^2}{n-1}}$$

Hitung koefisien kemencengannya:

$$C_s = \sum_{i=1}^n \frac{(\text{Log} Xi - \overline{\text{Log} X})^3}{(n-1)(n-2)(Si)^2}$$

Hitung logaritma curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Log} X = \overline{\text{Log}X} + k(\overline{\text{Sdlog}X})$$

Curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu adalah merupakan harga antilog X yang sesuai dengan nilai CS nya.

3.2.2. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kecocokan distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah distribusi frekuensi dari sample data terhadap fungsi jenis peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut, sehingga diperlukan pengujian parameter. Pengujian parameter yang akan disajikan adalah:

Uji Chi - Kuadrat (Chi – Square)

Uji Chi – Kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi sampel data yang dianalisis. Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter X^2 , parameter X^2 dapat dihitung dengan rumus:

$$X_h^2 = \sum_{i=1}^G \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

Dimana:

- X_h^2 = Parameter Chi – Kuadrat terhitung
- G = Jumlah sub – kelompok
- O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i
- E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

Parameter X_h^2 merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai X_h^2 sama atau lebih besar daripada nilai Chi – Kuadrat yang sebenarnya (X^2). Tahap-tahap yang digunakan dalam Uji parameter Chi – Kuadrat adalah:

1. Mengurutkan data pengamatan
2. Kelompokkan data menjadi G subgrup yang masing-masing beranggotakan minimal 4 data pengamatan.
3. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar O_i tiap-tiap sub grup.
4. Jumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i .
5. Pada tiap-tiap subgrup hitung nilai:

$$(O_i - E_i)^2 \text{ dan } \frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$$

6. Jumlah keseluruhan G sub grup nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ untuk menentukan nilai Chi-Square terhitung.
7. Tentukan derajat kebebasan $dk = G - R - 1$ (Nilai $R=2$ untuk distribusi Normal dan Binomial, serta nilai $R = 1$, untuk distribusi poisson)

Uji Smirnov – Kolmogorov

Uji kecocokan Smirnov – Kolmogorov, sering juga disebut uji kecocokan non parametrik (non parametrik test), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Soewarno, 1995). Metode ini menggunakan selisih perhitungan peluang empiris ($P(X_m)$) dengan peluang teoritis ($P'(X_m)$).

$$D = \text{maksimum } [P(X_m) - P'(X_m)]$$

Nilai D_o diperoleh dari Tabel 3.5. Apabila D lebih kecil dari D_o maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima, apabila D lebih besar dari D_o maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima.

Tabel 3.5. Nilai Kritis D_o untuk Uji Smirnov - Kolmogorov

N	a			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
13	0,29	0,328	0,368	0,436
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
$N > 50$	$1,07 / (N^{1/2})$	$1,22 / (N^{1/2})$	$1,36 / (N^{1/2})$	$1,63 / (N^{1/2})$

Sumber: Soewarno, 1995

3.2.3. Analisis Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah besarnya curah hujan maksimum yang diperhitungkan dalam suatu desain (Sosrodarsono dan Takeda, 1987). Semakin lama intensitas

hujan, maka semakin singkat waktu yang dibutuhkan. Sebaliknya semakin singkat intensitas hujan maka waktu yang dibutuhkan juga semakin lama. Rumus intensitas hujan secara umum adalah:

$$I = \frac{R}{t}$$

Dimana:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

R = Tinggi hujan (mm)

t = Lamanya hujan (jam)

Distribusi intensitas curah hujan dapat dihitung menggunakan beberapa metode sebagai berikut :

a. Metode Van Breen

Metode ini beranggapan bahwa besarnya atau lama durasi hujan harian adalah terpusat selama 4 jam dengan hujan efektif sebesar 90 % dari hujan selama 24 jam.

$$I = \frac{90\% \cdot R^{24}}{4}$$

$$I_B = I_J \times I_A$$

Dimana :

I_A = Intensitas hujan (mm/jam).

I_B = Intensitas curah hujan dengan kurva durasi tertentu setelah mengambil bentuk kurva durasi intensitas hujan kota Jakarta sebagai kurva basis (mm/jam)

I_J = Intensitas hujan kota Jakarta sebagai kurva basis

R^{24} = curah hujan harian maksimum (mm/24jam).

Berdasarkan rumus tersebut di atas, maka dapat dibuat kurva durasi intensitas hujan, dimana Van Breen mengambil bentuk kurva kota Jakarta sebagai kurva basis seperti yang

terdapat pada Tabel 3.6. Kurva basis tersebut dapat memberikan kecenderungan bentuk kurva untuk daerah lain di Indonesia.

Tabel 3.6. Kurva Intensitas Durasi Kota Jakarta

Durasi (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
5	126	148	155	180	191
10	114	126	138	156	168
20	102	114	123	135	144
40	76	87	96	105	114
60	61	73	81	91	100
80	52	63	71	80	87
120	36	45	51	58	63
240	21	27	30	35	40

Sumber: BUDP, 1978 (dalam Masduki)

b. Metode Bell

Untuk keperluan analisa frekuaensi hujan, haruslah tersedia data hujan selama selang waktu yang cukup panjang. Bila data ini tak tersedia, bila diketahui besarnya curah hujan 1 jam (60 menit) dengan periode ulang 10 tahun sebagai dasar, maka suatu rumus empiris yang diberikan oleh Bell dapat dipakai untuk menentukan curah hujan dari 5 – 120 menit dengan periode ulang 2 – 100 tahun.

$$R_T^t = (0,21 \cdot \ln(T) + 0,52) \cdot (0,54 \cdot t^{0,25} - 0,50) \cdot R_{10 \cdot \text{tahun}}^{60 \cdot \text{menit}}$$

$$I_t^t = \frac{60}{t} \cdot R_T^t \left(\frac{\text{mm}}{\text{jam}} \right)$$

Dimana :

R = curah hujan harian(mm).

T = Periode Ulang Hujan (tahun)

t = durasi hujan (menit)

I = intensitas hujan (mm/jam)

Untuk mendapatkan distribusi hujan dengan jangka pendek digunakan pedoman pola hujan tiap jam menurut (Tanimoto).

c. Metode Hasper Weduwen

Penurunan rumus diperoleh berdasarkan kecenderungan curah hujan harian dikelompokkan atas dasar anggapan bahwa hujan mempunyai distribusi simetris dengan durasi hujan (t) lebih kecil dari 1 jam dan durasi hujan antara 1 jam sampai 24 jam. Perumusan dari metode Hasper-Weduwen adalah :

Untuk durasi hujan $1 \leq t \leq 24$, maka :

$$R = \left(\sqrt{\frac{11.300 \cdot (t)}{(t + 3,12)}} \right) \cdot \left(\frac{X_t}{100} \right)$$

Untuk durasi hujan $0 \leq t \leq 1$, maka :

$$R = \left(\sqrt{\frac{11.300 \cdot (t)}{(t + 3,12)}} \right) \cdot \left(\frac{R_i}{100} \right)$$

$$\text{Dimana : } R_i = X_T \cdot \left(\frac{1218 \cdot t + 54}{X_T(1 - t) + 1272 \cdot t} \right)$$

Untuk menentukan intensitas hujan menurut Hasper-Weduwen, digunakan rumus:

$$I = \frac{R}{t}$$

Dimana :

t = durasi hujan (jam)

R R_i = curah hujan Hasper - Weduwen (mm)

X_T = curah hujan harian maksimum yang terpilih (mm)

I = Intensitas curah hujan menurut Hasper – Weduwen
(mm/jam)

Dari ketiga metode perhitungan intensitas hujan diatas, dipilih metode yang menghasilkan intensitas hujan yang paling tinggi, dengan pertimbangan bahwa intensitas hujan yang tinggi akan menghasilkan debit rencana maksimum yang diharapkan dapat ditampung dan disalurkan oleh dimensi suatu saluran drainase. Hal ini berarti intensitas hujan yang paling tinggi merupakan salah satu faktor keamanan dalam perencanaan dan perancangan dimensi saluran drainase perkotaan.

3.2.4. Metode Perhitungan Lengkung Intensitas Hujan

Tahap pertama dalam perencanaan bangunan air (saluran) adalah penentuan besarnya debit yang harus diperhitungkan. Besarnya debit (banjir) perencanaan ditentukan oleh intensitas hujan yang terjadi. Umumnya makin besar t , intensitas hujan makin kecil. Jika tidak ada waktu untuk mengamati besarnya intensitas hujan atau alat tidak ada dapatlah ditempuh dengan cara-cara empiris :

1. Metode Talbot

$$I = \frac{a}{t + b}$$

Dimana :

I = Intensitas curah hujan (mm/jam)

T = Lamanya curah hujan (menit)

a, b = tetapan atau konstanta yang tergantung pada lamanya curah hujan yang terjadi di daerah aliran

$$a = \frac{(\sum I \cdot t)(\sum I^2) - (\sum I^2 \cdot t)(\sum I)}{(N \cdot \sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$b = \frac{(\sum I) \cdot (\sum I \cdot t) - N(\sum I^2 \cdot t)}{(N \cdot \sum I^2) - (\sum I)^2}$$

- I = Intensitas hujan dari metode yang telah terpilih (mm/jam)
 t = durasi hujan dari metode yang terpilih (menit)
 N = banyaknya data

2. Metode Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}}$$

Dimana :

- a, b = tetapan atau konstanta yang tergantung pada lamanya curah hujan yang terjadi di daerah aliran:

$$a = \frac{(\sum I\sqrt{t} \cdot \sum I^2) - (\sum I^2\sqrt{t} \cdot \sum I)}{N \cdot \sum I^2 - (\sum I)^2}$$

$$b = \frac{(\sum I \cdot \sum I\sqrt{t}) - N \cdot (\sum I^2\sqrt{t})}{N\sum I^2 - (\sum I)^2}$$

Dimana:

- I = intensitas hujan (mm/jam).
 t = durasi hujan (menit)
 a, b, n = konstanta.
 N = banyaknya data.

3. Metode Sherman

$$I = \frac{a}{t^n}$$

Dimana :

a,n = tetapan atau konstanta yang tergantung pada lamanya curah hujan yang terjadi di daerah aliran

$$\log a = \frac{(\sum \log I) \cdot (\sum \log^2 t) - (\sum \log t \cdot \sum \log I) \cdot (\sum \log t)}{N \cdot \sum (\log^2 t) - (\sum \log t)^2}$$

$$n = \frac{(\sum \log I \cdot \sum \log t) - n \cdot (\sum \log t \cdot \sum \log I)}{N \sum (\log^2 t) - (\sum \log t)^2}$$

Pemilihan rumus intensitas hujan dari ketiga rumus diatas, maka harus dicari selisih terkecil antara I asal dan I teoritis berdasarkan rumus diatas. Persamaan intensitas dengan selisih terkecil itulah yang dipakai untuk perhitungan debit (Pandebesie, 2002).

3.2.5. Analisis Debit Limpasan Hujan

Untuk menghitung suatu debit rencana drainase digunakan rumus rational ditambahkan dengan perhitungan debit air kotor. Metode Rational:

$$Q = \left[\frac{1}{3,6} \right] C.I.A$$

Dimana:

- Q = Debit puncak banjir (m³/detik)
- A = Luas daerah karakteristik aliran sungai (km²)
- C = Koefisien pengaliran (terdapat pada Tabel 3.7.)
- I = Intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

Perhitungan waku aliran permukaan (t_o):

$$t_o = 0,0195L^{0,77} S^{-0,385}$$

Perhitungan waktu aliran di saluran (t_s):

$$t_s = \frac{L}{V \times 60}$$

Menghitung waktu konsentrasi (t_c):

$$t_c = t_o + t_s$$

Dimana:

- t_o = waktu aliran permukaan (menit)
- t_s = waktu aliran di saluran (menit)
- t_c = waktu konsentrasi (menit)
- L = Panjang saluran dari titik yang terjauh sampai titik yang ditinjau (m)
- S = Kemiringan dasar saluran
- V = Kecepatan aliran (m/detik)

Kirpich (1940)

Tabel 3.7 Koefisien Pengaliran (C)

Diskripsi Lahan / Karakter Permukaan		Koefisien Pengaliran
Bisnis		
	Perkotaan	0,7-0,95
	Pinggiran	0,5-0,7
Perumahan		
	Rumah Tunggal	0,3-0,4
	Multinit, terpisah	0,4-0,6
	Multinit, tergabung	0,6-0,75
	Perkampungan	0,25-0,4
	Apartemen	0,5-0,7
Industri		

Diskripsi Lahan / Karakter Permukaan		Koefisien Pengaliran
	Ringan	0,5
	Berat	0,8
Perkerasan		
	Aspal dan Beton	0,7-0,95
	Batu bata, Paving	0,5-0,7
Atap		0,7-0,95
Halaman, tanah berpasir		
	Datar 2%	0,05-0,1
	Rata-rata 2-7%	0,1-0,15
	Curam 7%	0,15-0,20
Halaman, tanah berat		
	Datar 2%	0,13-0,17
	Rata-rata 2-7%	0,18-0,22
	Curam 7%	0,25-0,35
Halaman Kereta Api		0,1-0,35
Taman Tempat Bermain		0,2-0,35
Taman Perkebunan		0,1-0,25
Hutan		
	Datar 0-5%	0,1-0,4
	Bergelombang 5-10%	0,25-0,5
	Berbukit 10-30%	0,3-0,6

Sumber: Suripin Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan 2004

3.2.6. Analisis Debit Air Buangan

Debit air kotor ini berasal dari buangan aktifitas penduduk seperti mandi, cuci, dan lain-lain yang berasal dari lingkungan rumah tangga, fasilitas umum, instansi, bangunan konvensional, dan sebagainya. Untuk mendapatkan analisa kapasitas tampungan yang memadai, maka juga dilakukan perhitungan

proyeksi pertumbuhan jumlah penduduk. Metode yang dapat dilakukan antara lain:

- Metode Geometri

Metode ini merupakan perhitungan proyeksi dengan menghitung perkembangan populasi berdasarkan pada angka kenaikan penduduk rata-rata per tahun. Metode ini menganggap bahwa perkembangan atau jumlah penduduk akan secara otomatis berganda dengan sendirinya. Metode ini juga tidak memperhatikan penurunan jumlah penduduk. Perkembangan yang akan terjadi kemudian mantap karena kepadatan penduduk mendekati maksimum.

$$P_n = P_o (1+r)^{dn}$$

Dimana:

P_n = jumlah penduduk setelah n tahun (jiwa)

P_o = jumlah penduduk di awal tahun proyeksi (jiwa)

r = rata-rata pertumbuhan tiap tahun (%)

dn = kurun waktu proyeksi (tahun)

- Metode Aritmatika

Metode ini merupakan perhitungan proyeksi penduduk yang didasarkan pada kenaikan rata-rata jumlah penduduk dengan menggunakan data terakhir dan rata-rata sebelumnya. Proyeksi dengan metode ini masih dianggap baik untuk kurun waktu yang pendek dengan kurun waktu perolehan data. Penggunaan metode ini cocok untuk daerah dengan perkembangan relatif konstan.

$$P_n = P_o + r(dn)$$

Dimana:

P_n = jumlah penduduk setelah n tahun (jiwa)

P_o = jumlah penduduk di awal tahun proyeksi (jiwa)

r = rata-rata pertumbuhan tiap tahun (%)

dn = kurun waktu proyeksi (tahun)

- Metode Least Square

Metode ini umumnya digunakan pada daerah aliran dengan tingkat pertumbuhan penduduk yang cukup tinggi.

$$P_n = a + b \cdot N$$

Dimana:

P_n = jumlah penduduk setelah n tahun (jiwa)

a = selisih tahun proyeksi (tahun)

3.3. Analisis Hidrolika

3.3.1. Analisis Kapasitas Saluran Eksisting

Analisis hidrolika ini dilakukan setelah besaran debit diketahui dari debit banjir rencana. Menurut Suripin (2004) persamaan yang digunakan untuk melakukan analisis tampungan adalah dengan metode Manning:

$$Q = V \cdot A$$

$$A = B \times H$$

$$P = B + 2H$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2}$$

$$K = \frac{1}{n}$$

Dimana:

Q = Debit Rencana ($m^3/detik$)

V = Kecepatan aliran ($m/detik$)

A = Luas penampang basah (m^2)

B = Lebar dasar saluran (m)

H = Kedalaman air (m)

R = Jari-jari hidrolis (m)

P = Keliling penampang basah (m)

n = Koefisien kekasaran (terdapat pada Tabel 3.8.)

S = Kemiringan dasar saluran = $\Delta H/L$

L = Panjang ruas yang ditinjau (m)

Tabel 3.8. Koefisien Kekasaran Manning (N)

TIPE SALURAN	N
A. Saluran Tertutup Terisi Sebagian	
1. Gorong-gorong dari beton lurus dan bebas kikisan	0,010 - 0,013
2. Gorong-gorong dengan belokan dan sambungan	0,011 - 0,014
3. Saluran pembuang lurus dari beton	0,013 - 0,017
4. Pasangan bata dilapisi dengan semen	0,011 - 0,014
5. Pasangan batu kali disemen	0,015 - 0,017
B. Saluran dilapis atau disemen	
1. Pasangan bata disemen	0,012 - 0,018
2. Beton dipoles	1,013 - 0,016
3. Pasangan batu kali disemen	0,017 - 0,030
4. Pasangan batu kosong	0,023 - 0,035

3.4. Aspek Lingkungan

Permasalahan lingkungan yang sering dijumpai pada saat ini adalah terjadinya genangan atau banjir pada musim hujan dan menurunnya kuantitas sumber mata air pada musim kemarau, selain itu di beberapa tempat terjadi pula penurunan kemampuan tanah untuk meresapkan air sebagai akibat adanya perubahan lingkungan yang merupakan dampak dari proses pembangunan.

Selama ini sistem drainase kebanyakan masih menggunakan konsep konvensional yang hanya mengalirkan air limpasan hujan ke badan air terdekat dan hal tersebut tidak akan membantu pengisian air tanah atau air resapan yang tanpa adanya pengelolaan terlebih dahulu.

Berkaitan dengan aspek lingkungan, maka perlu adanya perencanaan penerapan untuk merubah konsep drainase konvensional menjadi konsep sistem drainase berwawasan lingkungan (ekodrainase) sehingga dapat menimbulkan dampak positif terhadap lingkungan. Konsep drainase berwawasan lingkungan yang digunakan pada perencanaan ini menggunakan metode sumur resapan. Hasil dari perencanaan penerapan drainase berwawasan lingkungan (ekodrainase) akan digunakan sebagai alternatif dalam penanganan genangan Kecamatan Rungkut.

3.4.1. Metoda Sumur Resapan

Sumur resapan adalah sumur yang dibuat sebagai tempat penampungan air hujan berlebih agar memiliki waktu dan ruang untuk meresap ke dalam tanah melalui proses infiltrasi (Suripin, 2004). Sumur resapan berupa sumur gali yang mempunyai bentuk segi empat atau lingkaran dengan kedalaman tertentu. Sumur resapan mempunyai fungsi untuk meresapkan dan menampung air hujan yang jatuh di atas permukaan tanah baik melalui atap bangunan, jalan, dan halaman.

Sumur resapan ini kebalikan dari sumur air minum. Sumur resapan merupakan luang untuk memasukkan air ke dalam tanah, sedangkan sumur air minum berfungsi untuk menaikkan airtanah ke permukaan. Dengan demikian konstruksi dan kedalamannya berbeda. sumur resapan digali dengan kedalaman diatas muka air tanah sedangkan sumur air minum digali lebih dalam lagi atau di bawah muka air tanah.

Metode sumur resapan diilhami oleh makin meningkatnya pemanfaatan airtanah pada saat ini sebagai akibat dari pesatnya perkembangan penduduk, sehingga bertambah pula kebutuhan airnya. Sedangkan daya serap tanah terhadap air hujan yang merupakan sumber utama airtanah semakin berkurang, karena makin berkembangnya daerah permukiman dan penutup permukaan tanah oleh lapisan kedap air.

Pengambilan airtanah yang tidak terkendali akan menimbulkan:

- Penurunan besarnya cadangan airtanah
- Penurunan permukaan tanah (*land subsidence*)
- Terjadinya intrusi air laut
- Terjadinya perubahan kualitas airtanah

3.4.2. Kegunaan Sumur Resapan

Beberapa fungsi sumur resapan bagi kehidupan manusia adalah sebagai berikut (Bachtiar, 2008):

1. Sebagai pengendali banjir

Salah satu fungsi sumur resapan adalah sebagai upaya menekan banjir. Penggunaan sumur resapan mampu memperkecil aliran permukaan sehingga terhindar dari penggenangan aliran permukaan secara berlebihan yang

menyebabkan banjir. Banyaknya aliran permukaan yang dapat dikurangi melalui sumur resapan tergantung pada volume dan jumlah sumur resapan.

2. Konservasi air tanah

Fungsi dari sumur resapan ini adalah memperbaiki kondisi air tanah atau mendangkalkan permukaan air sumur. Air hujan diharapkan lebih banyak yang diresapkan ke dalam tanah menjadi air cadangan dalam tanah. Air yang tersimpan dalam tanah tersebut akan dapat dimanfaatkan melalui sumur-sumur atau mata air.

Peresapan air melalui sumur resapan ke dalam tanah sangat penting mengingat adanya perubahan tata guna lahan di permukaan bumi sebagai konsekuensi dari perkembangan penduduk dan perekonomian. Dengan adanya perubahan tata guna tanah tersebut menurunkan kemampuan tanah untuk meresapkan air. Hal ini mengingat semakin banyaknya tanah yang tertutup tembok, beton, aspal, dan bangunan lainnya yang tidak meresapkan air. Penurunan daya serap tanah terhadap air dapat juga terjadi karena hilangnya vegetasi penutup permukaan

3. Menekan laju erosi

Penurunan aliran permukaan akan menyebabkan laju erosi menurun. Bila aliran permukaan menurun, tanah-tanah yang tergerus dan terhanyut juga akan berkurang. Dampaknya, aliran permukaan air hujan kecil dan erosi akan kecil. Dengan demikian adanya sumur resapan yang mampu menekan besarnya aliran permukaan berarti dapat menekan laju erosi.

Manfaat sumur resapan air antara lain mempertahankan tinggi muka air tanah, mengurangi dampak negatif seperti terjadinya intrusi air laut, penurunan atau amblesan lahan, dan mengurangi konsentrasi pencemaran air tanah.

3.4.3. Prinsip Kerja Sumur Resapan

Prinsip kerja sumur resapan adalah menyalurkan dan menampung air hujan ke dalam lubang atau sumur agar air dapat

memiliki waktu tinggal di permukaan tanah lebih lama sehingga sedikit demi sedikit air dapat meresap ke dalam tanah.

Tujuan utama dari sumur resapan ini adalah memperbesar masuknya air ke dalam tanah sebagai air resapan (*infiltrasi*). Dengan demikian, air akan lebih banyak masuk ke dalam tanah dan sedikit yang mengalir sebagai aliran permukaan (*run off*).

Jumlah aliran permukaan permukaan akan menurun karena adanya sumur resapan. Pengaruh positifnya bahaya banjir dapat dihindari karena terkumpulnya air permukaan yang berlebihan di suatu tempat dapat dihindarkan. Menurunnya aliran permukaan ini juga akan menurunkan tingkat erosi tanah.

3.4.4. Perencanaan Pembuatan Sumur Resapan

Untuk menentukan dimensi sumur resapan agar mampu menampung air hujan sebelum diserapkan ke dalam tanah harus diperhitungkan terhadap beberapa hal, antara lain:

1. Lama hujan dominan
Data lama hujan yang diperhitungkan sangat mempengaruhi kapasitas sumur resapan
2. Intensitas hujan
Setelah diketahui lama hujan, maka intensitas hujan dapat dihitung. Untuk daerah yang belum tersedia grafik hubungan antara lama hujan, intensitas serta frekuensi kejadian, dapat dilakukan dengan analisa frekuensi.
3. Selang waktu hujan
Agar dimensi sumur resapan mampu untuk menampung air hujan yang terjadi berurutan, maka selang waktu hujan harus dipertimbangkan.
4. Kondisi airtanah
Pada kondisi permukaan airtanah yang dalam, sumur resapan perlu dibuat secara besar-besaran memerlukan suplai air melalui sumur resapan. Sebaliknya pada lahan yang memiliki muka airtanah dangkal, sumur resapan kurang efektif dan tidak akan berfungsi dengan baik. Terlebih pada daerah rawa dan pasang surut, sumur resapan kurang efektif (Bachtiar, 2008).

5. Koefisien permeabilitas tanah

Angka koefisien permeabilitas tanah akan mempengaruhi kecepatan peresapan. Tanah yang mempunyai angka koefisien permeabilitas tinggi akan mempunyai kapasitas peresapan yang besar, sehingga waktu yang diperlukan untuk mengosongkan sumur resapan menjadi pendek. Nilai koefisien permeabilitas tanah dapat dilihat pada Tabel 3.9.

Tabel 3.9. Koefisien Permeabilitas Tanah

Jenis Tanah	k (cm/detik)
Lempung	3×10^{-6}
Lanau	$4,5 \times 10^{-4}$
Pasir sangat halus	$3,5 \times 10^{-3}$
Pasir halus	$1,5 \times 10^{-2}$
Pasir sedang	$8,5 \times 10^{-2}$
Pasir kasar	$3,5 \times 10^{-1}$
Kerikil kecil	3

Sumber: Suyono Sosrodarsono – Kazuto N, 1994

6. Tata guna lahan (*land use*)

Tata guna lahan akan berpengaruh terhadap prosentase air yang meresap ke dalam tanah dengan aliran permukaan. Pada lahan yang banyak tertutup beton bangunan, air hujan yang mengalir di permukaan tanah akan lebih besar dibandingkan dengan air yang meresap ke dalam tanah. Dengan demikian di lahan yang penduduknya padat, sumur resapan harus dibuat lebih banyak dan lebih besar volumenya (Bachtiar, 2008).

7. Kondisi sosial ekonomi masyarakat

Perencanaan sumur resapan harus mempertimbangkan kondisi sosial ekonomi masyarakat. Misalnya, pada kondisi perekonomian yang baik, biaya untuk sumur resapan dapat dibebankan pada masyarakat dan konstruksinya dapat dibuat dari bahan-bahan yang benar-benar kuat. Sebaliknya pada kondisi sosial ekonomi masyarakat rendah, sumur resapan

harus dibuat dari bahan-bahan yang murah dan mudah didapat serta konstruksinya sederhana.

8. Ketersediaan bahan

Perencanaan sumur resapan harus mempertimbangkan ketersediaan bahan-bahan yang ada di lokasi. Untuk daerah perkotaan, sumur resapan dapat dilihat dari bata, beton, tangki fiberglass atau cetakan beton, sedangkan untuk daerah pedesaan, sumur resapan yang cocok dikembangkan dari bambu atau kayu yang tanah lapuk atau bahan yang murah dan mudah didapat (Bachtar, 2008).

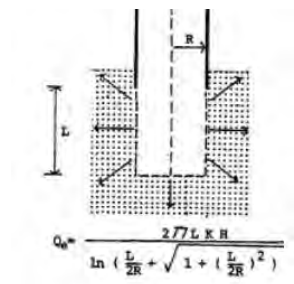
3.4.5. Kostruksi Sumur Resapan

Prinsip dari sumur resapan adalah direncanakan agar mampu menampung dan meresapkan debit air hujan yang diperhitungkan. Oleh sebab itu, keliling dinding sumur dapat diberi pelindung yang berupa pasangan batu bata, batu kosong, beton atau tanpa diberi pelindung. Untuk penutup sumur diberi plastik atau plat beton agar aman. Yang perlu diperhitungkan adanya beberapa sumur yang berdekatan dalam suatu wilayah, karena akan saling mempengaruhi ketinggian muka air di dalam sumur.

Untuk menghitung debit sumur resapan dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$Q = \frac{K \cdot H}{1 - e^{-\left(\frac{2.77 L K H}{R^2}\right)}}$$

Faktor Geometrik:



The diagram shows a cross-section of a well with radius R and length L . Below the diagram, the formula for discharge Q_0 is given as:

$$Q_0 = \frac{2.77 L K H}{\ln \left(\frac{L}{2R} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{2R} \right)^2} \right)}$$

$$Q_0 = \frac{2 \pi K H^2}{\ln \left[\frac{r_0}{r} + \sqrt{1 + \left(\frac{r_0}{r} \right)^2} \right]}$$

$$(F) = \frac{r_0}{r}$$

Dimana:

- H : Tinggi muka air dalam sumur (m)
 F : Faktor geometrik (m)
 Q : Debit air masuk
 T : Waktu pengaliran (detik)
 K : Koefisien permeabilitas tanah (cm/detik)

3.4.6. Penerapan Sumur Resapan

Dalam penerapan Sumur resapan juga diperhatikan jarakn minimum sumur resapan air hujan terhadap bangunan. Jarak minimum sumur resapan air hujan terhadap bangunan dapat dilihat pada Tabel 3.10.

Tabel 3.10. Jarak Minimum Sumur Resapan Air Hujan Terhadap Bangunan

No.	Bangunan/obyek yang ada	Jarak minimum dengan sumur resapan (m)
1.	Bangunan/rumah	3
2.	Batas pemilikan lahan/kapling	1,5
3.	Sumur untuk air minum	10
4.	Septik tank	10
5.	Aliran air (sungai)	30
6.	Pipa air minum	3
7.	Jalan umum	1,5
8.	Pohon besar	3

Sumber: Cotteral and Norris dalam Kusnaedi, 2000

3.4.7. Jenis Sumur Resapan

Pembuatan sumur resapan di lingkungan tempat tinggal menjadi salah satu solusi memperbaiki kualitas air tanah. Penerapan sumur resapan pada lingkungan tempat tinggal (terutama di wilayah perkotaan) dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

1. Sumur Resapan Individu

Sumur resapan individu merupakan sumur resapan yang dibuat pada masing-masing rumah tinggal. Dampak sumur resapan akan maksimal jika masing-masing rumah ikut membuatnya. Peletakan sumur resapan dapat memanfaatkan lahan sisa maupun pekarangan yang ada.

Jumlah sumur resapan pada sebuah lahan pekarangan ditentukan berdasarkan curah hujan maksimum, permeabilitas tanah serta luas bidang tanah.

2. Sumur Resapan Kolektif

Jenis sumur resapan ini dibuat secara kolektif (bersama) dalam sebuah komunitas warga masyarakat dengan skala besar dan membutuhkan lahan yang cukup luas. Sumur resapan kolektif dapat berupa kolam resapan, sumur resapan dalam maupun resapan parit berorak. Tidak jarang area sumur resapan kolektif bisa dijadikan tempat rekreasi bersama di dalam sebuah kompleks perumahan.

3.5. Pengertian Banjir/Genangan

Pengertian banjir/genangan adalah suatu kondisi dimana tidak tertampungnya air dalam saluran pembuang (kali) atau terhambatnya aliran air didalam saluran pembuang (Suripin, 2004). Dikatakan banjir apabila terjadi luapan air yang disebabkan kurangnya kapasitas penampang saluran.

3.5.1. Upaya pengendalian Banjir/Genangan

Perbaikan sistem drainase perkotaan pada umumnya mengikuti tahapan-tahapan sebagai berikut:

1. Mempelajari sistem drainase yang sudah ada saat ini.
2. Merumuskan rencana perbaikan sistem drainase

3. Perencanaan fasilitas drainase, seperti saluran drainase, tanggul, gorong-gorong, stasiun pompa, dan lain-lain.
4. Pelaksanaan pekerjaan
5. Operasi dan pemeliharaan fasilitas drainase

Berdasarkan tahapan-tahapan diatas, dapat disusun usaha perbaikan drainase yang memungkinkan untuk mengendalikan banjir di daerah perkotaan yang dapat dipilih dari beberapa alternatif berikut:

1. Penurunan debit buangan dengan pembuatan resapan air dan daerah simpanan (retention area) di daerah hulu dan tengah.
2. Pembuatan saluran tambahan/sudetan tambahan untuk mengurangi daerah tangkapan.
3. Perbaikan dan/atau normalisasi saluran drainase.
4. Pembuatan pintu klep untuk mengatasi air tinggi di saluran induk
5. Pengurugan daerah-daerah rendah
6. Perubahan arah aliran air saluran drainase
7. Pembuatan stasiun pompa dan kolam penampungan.

“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB 4

METODE PERENCANAAN

4.1 Umum

Perencanaan ini dilaksanakan berdasarkan pada Kawasan runkut. Tujuan dari perencanaan Tugas Akhir ini adalah merencanakan penerapan saluran drainase pada kawasan Rungkut dengan konsep drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) menggunakan sumur resapan untuk mengatasi genangan yang terjadi sehingga mendukung adanya usaha Konservasi Sumber Daya Air.

4.2 Tahapan Perencanaan

Alur pikir perencanaan ini secara garis besar terdiri dari kegiatan-kegiatan yang dapat dilihat pada gambar 4.1.:

1. Ide Tugas Akhir

Perencanaan Penerapan Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan (eko-drainase) Menggunakan Sumur Resapan di Kawasan Rungkut

2. Studi Literatur/Kajian Pustaka

Studi Literatur/Kajian Pustaka dalam Tugas Akhir ini meliputi genangan, hidrologi, konsep drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase), dan sumur resapan. Studi Literatur/Kajian Pustaka tersebut saya peroleh dari pengumpulan literatur berupa buku, artikel, jurnal, SNI, dan perencanaan terdahulu.

3. Pengumpulan Data

Menurut cara mendapatkan data yang digunakan untuk evaluasi jaringan drainase dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dengan cara meninjau atau survei secara langsung di lapangan. Survei langsung di lapangan dilakukan dengan beberapa pengamatan dan identifikasi.

- **Data Sekunder**

Data sekunder adalah data yang diperlukan dari kajian pustaka dan dengan mencari informasi pada instansi maupun lembaga yang terkait dengan perencanaan ulang di Kawasan Rungkut. Pada perencanaan ulang jaringan drainase Kawasan Rungkut data-data sekunder yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- Peta Jaringan drainase
- Peta jaringan saluran eksisting
- Kondisi saluran eksisting (dimensi saluran, panjang saluran, arah aliran)
- Data curah hujan rata-rata
- Data kontur tanah dan jenis tanah (permeabilitas tanah)
- Data penggunaan lahan
- Peta lama dan kedalaman genangan

4. Analisis Data

Analisis data merupakan kegiatan penyajian dalam bentuk grafik, tabel, dan gambar, serta menghitung untuk mendapatkan nilai yang diperlukan dari data-data yang ada. Analisis ini terdiri dari:

- **Analisis Hidrologi**

Analisis hidrologi meliputi:

- ✓ Uji homogenitas data curah hujan
- ✓ Analisis Curah Hujan Harian Maksimum (HMM):
 - a) Metode Gumbel
 - b) Metode Log Pearson Type III
- ✓ Uji kesesuaian distribusi
- ✓ Perhitungan distribusi intensitas hujan:
 - a) Metode Bell
 - b) Metode Van Breen
 - c) Metode Hasper Weduwen

- ✓ Perhitungan lengkung intensitas hujan:
 - a) Metoda Talbot
 - b) Metoda Sherman
 - c) Metoda Ishiguro
- ✓ Perhitungan limpasan air hujan
- Perhitungan debit air limbah
- Analisis Hidrolika
- Analisis genangan/banjir
- Analisis perencanaan penerapan pengurangan genangan dengan konsep drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) menggunakan sumur resapan.

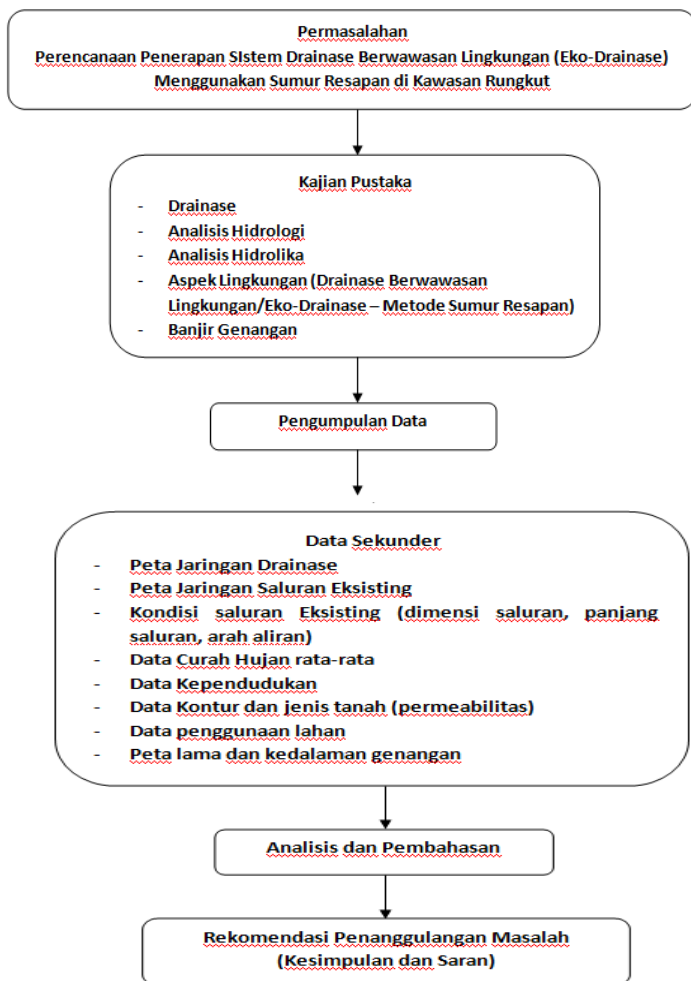
5. Pengolahan Data dan Pembahasan

Pengolahan data dilakukan terhadap data perencanaan yang telah diperoleh dan sudah dianalisa sebelumnya baik. Pada akhirnya dari tahap pengolahan data ini akan dibahas perencanaan penerapan konsep drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) menggunakan sumur resapan.

6. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran diberikan berdasarkan hasil akhir yang diperoleh dari hasil perencanaan dan pembahasan.

4.3 Kerangka Perencanaan



Gambar 4.1 Skema Alur Perencanaan

BAB 5

HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Analisis Hidrologi

Data curah hujan yang diperlukan untuk menghitung besarnya curah hujan harian maksimum dari stasiun penakar hujan terdekat dari daerah studi. Stasiun penakar hujan yang dapat mewakili untuk perhitungan ini adalah stasiun curah hujan Wonorejo dengan periode pengamatan selama 13 tahun mulai tahun 2001 sampai tahun 2013 yang diperoleh dari Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Wilayah Sungai Butung Paketing Surabaya. Data curah hujan digunakan dalam perhitungan dapat dilihat pada Tabel 5.1.berikut ini.

Tabel 5.1. Data Curah Hujan Maksimum Stasiun Hujan Wonorejo

No.	Tahun	Tinggi Hujan (R)
1	2001	115
2	2002	200
3	2003	115
4	2004	76
5	2005	85
6	2006	90
7	2007	153
8	2008	71
9	2009	68
10	2010	98
11	2011	98
12	2012	94
13	2013	95
Jumlah		1358

Sumber: Balai PSAWS Butung Paketing Surabaya

5.1.1. Tes Homogenitas Data Curah Hujan

Tes homogenitas dilakukan untuk memastikan data curah hujan yang diperoleh tidak terdapat penyimpangan yang cukup signifikan. Langkah perhitungan adalah sebagai berikut:

- a. Perhitungan $(R-R_t)^2$ untuk menghitung standar deviasi dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Perhitungan $(R-R_t)^2$

Ranking	Tahun	R (mm)	(R-R _t)	(R-R _t) ²
1	2002	200	95,54	9.127,60
2	2007	153	48,54	2.355,98
3	2003	115	10,54	111,06
4	2001	115	10,54	111,06
5	2011	98	-6,46	41,75
6	2010	98	-6,46	41,75
7	2013	95	-9,46	89,52
8	2012	94	-10,46	109,44
9	2006	90	-14,46	209,14
10	2005	85	-19,46	378,75
11	2004	76	-28,46	810,06
12	2008	71	-33,46	1.119,67
13	2009	68	-36,46	1.329,44
Jumlah		1358	0	15.835,22

Sumber: Balai PSAWS Butung Paketing Surabaya dan Hasil Perhitungan, 2014

- b. Perhitungan curah hujan rata-rata (R_t)

$$R_t = \frac{\sum \text{curah hujan}}{\sum \text{data (n)}} = \frac{1.358}{13} = 104,46 \text{ mm}$$

- c. Perhitungan Standar Deviasi (S_x)

$$S_x = \frac{\sqrt{\sum (R-R_t)^2}}{n-1} = \frac{\sqrt{15.835}}{13-1} = 36,33$$

- d. Perhitungan Homogenitas Data
Diketahui jumlah data sebanyak 13 tahun ($n=13$),
maka diperoleh:

$$Y_n = 0,5070$$

$$S_n = 0,9971$$

$$\bullet \frac{1}{\alpha} = \frac{S_x}{S_n} = \frac{36,33}{0,9971} = 36,43$$

$$\bullet \mu = R - \left(\frac{1}{\alpha} Y\right)$$

$$\mu = 104,46 - (36,43 \times 0,507) = 85,99$$

Persamaan regresinya adalah:

$$R = \mu + \left(\frac{1}{\alpha} Y\right)$$

$$R = 85,99 + (36,43 \times 0,507) = 104,46$$

$$\text{Untuk } Y_1 = 0, R_1 = 85,99$$

$$Y_2 = 5, R_2 = 268,15$$

Log R_1 dan R_2 diplotkan di Gumbel Probability Paper pada Gambar 5.1.:

$$R_{10} = 160 \text{ mm/24 jam}$$

$$T_r = 2,2$$

- Titik Homogenitas

$$\text{Ordinat } TR = \frac{R_{10}}{R} \times T_r = \frac{160}{104,46} \times 2,2 = 3,37$$

$$\text{Absis } (n) = 13$$

Didapatkan titik homogenitas $(n, TR) = (13; 3,37)$.
Kemudian diplot pada grafik homogenitas seperti pada Gambar 5.2. Dari hasil tersebut didapatkan bahwa data hujan tersebut homogen.

5.1.2. Analisis Curah Hujan Harian Maksimum (HHM) Rencana

Perhitungan curah hujan maksimum menggunakan Metode Gumbel dan Log Pearson III.

a. Metode Gumbel

Perhitungan besarnya curah hujan rencana dengan Metode Gumbel menggunakan data hujan diurutkan seperti

yang terdapat pada Tabel 5.3. Contoh perhitungan memperoleh nilai curah hujan rata-rata dan standar deviasi adalah sebagai berikut:

- Perhitungan curah hujan rata-rata (\bar{R})

$$\bar{R} = \frac{\sum \text{curah hujan}}{\sum \text{data (n)}} = \frac{1.358}{13} = 104,46 \text{ mm}$$

- Perhitungan Standart Deviasi (Sx)

$$Sx = \frac{\sqrt{\sum (R - \bar{R})^2}}{n - 1} = \frac{\sqrt{157.694}}{13 - 1} = 36,33$$

Contoh perhitungan untuk Periode Ulang Hujan (PUH) dengan T=2 tahun sebagai berikut:

- Hujan Harian Maksimum:

$$R_T = \bar{R} + \frac{Sx}{Sn} (Y_t - Y_n)$$

$$R_2 = 104,46 + \frac{36,33}{0,9971} (0,3665 - 0,507) = 99,34 \text{ mm}$$

Nilai $Y_n = 0,5070$ dan nilai $S_n = 0,997$ (dapat dilihat pada Tabel 3.3. dan Tabel 3.4.). Nilai Y_t diperoleh pada Tabel 5.4.

Tabel 5.3. Curah Hujan Maksimum Rata-rata

Ranking	Tahun	R (mm)	(R-Rt)	(R-Rt) ²
1	2002	200	200	40.000,00
2	2007	153	153	23.409,00
3	2003	115	115	13.225,00
4	2001	115	115	13.225,00
5	2011	98	98	9.604,00
6	2010	98	98	9.604,00
7	2013	95	95	9.025,00
8	2012	94	94	8.836,00
9	2006	90	90	8.100,00
10	2005	85	85	7.225,00
11	2004	76	76	5.776,00
12	2008	71	71	5.041,00
13	2009	68	68	4.624,00
Jumlah		1358,00	1358	157.694,00
n		13		
Rata-rata (Rt)		104,46		
Standar Deviasi		36,33		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Tabel 5.4. Variasi Nilai Y_t

T (tahun)	Y_t
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber: SNI 03-3424-1994

Selengkapnya hasil perhitungan Periode Ulang Hujan (PUH) dengan cara yang sama dan berbagai periode ulang hujan dapat dilihat pada Tabel 5.5. berikut.

Tabel 5.5. Perhitungan Hujan Harian Maksimum Metode Gumbel

T (tahun)	Rt (mm)	Standar Deviasi	Sn	Yt	Yn	HHM (mm)
2	104,46	36,33	0,9971	0,3665	0,507	99,34
5	104,46	36,33	0,9971	1,4999	0,507	140,63
10	104,46	36,33	0,9971	2,2502	0,507	167,97
25	104,46	36,33	0,9971	3,1985	0,507	202,52
50	104,46	36,33	0,9971	3,9019	0,507	228,14
100	104,46	36,33	0,9971	4,6001	0,507	253,58

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Perhitungan untuk nilai k, b, Se, dan Rk dengan derajat kepercayaan (α) sebesar 90% dengan nilai t(a) = 1,645 dan T = 2 perhitungannya sebagai berikut:

- Nilai k

$$k = \frac{(Yt - Yn)}{Sn} = \frac{(0,3665 - 0,507)}{0,9971} = -0,141$$

- Nilai b

$$b = \sqrt{1 + 1,3k + 1,1k^2}$$

$$b = \sqrt{1 + (1,3 \times (-0,14)) + 1,1(-0,141)^2} = 0,916$$

- Nilai Se

$$S_e = \frac{b \cdot S_x}{\sqrt{n}} = \frac{0,916 \times 36,33}{\sqrt{13}} = 9,227$$

- Nilai Rk

$$R_k = \pm t(\alpha) S_e = \pm 1,645 \times 9,227 = 15,18$$

Hasil perhitungan rentang kepercayaan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.6. Contoh perhitungan untuk nilai HHM dengan PUH 2, derajat kepercayaan 90% yang diperoleh dengan nilai Rk sebesar 15,178 adalah:

- $99,34 - 15,178 = 84,165 \text{ mm.}$
- $99,34 + 15,178 = 114,52 \text{ mm}$

Tabel 5.6. Hasil Perhitungan Rentang Keyakinan Metode Gumbel

T	Yt	Yn	Sn	k	b	Se	t(a)
2	0,3665	0,507	0,9971	-0,141	0,916	9,227	1,645
5	1,4999	0,507	0,9971	0,996	1,84	18,537	1,645
10	2,2502	0,507	0,9971	1,748	2,576	25,952	1,645
25	3,1985	0,507	0,9971	2,699	3,539	35,665	1,645
50	3,9019	0,507	0,9971	3,405	4,264	42,956	1,645
100	4,6001	0,507	0,9971	4,105	4,987	50,247	1,645

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Perhitungan hujan harian maksimum dengan rentang kepercayaan 90% selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7. Hasil Perhitungan Hujan Harian Maksimum (HHM) Rencana Metode Gumbel dengan Rentang Keyakinan 90%

T	HHM Dengan Rentang Keyakinan 90% (mm/24jam)
2	84,1651 s/d 114,521
5	110,1410 s/d 171,129
10	125,2793 s/d 210,660
25	143,8653 s/d 261,171
50	157,4821 s/d 298,807
100	170,9248 s/d 336,238

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

b. Metode Log Pearson

Parameter statistik untuk menghitung curah hujan harian maksimum rencana Metode Log Pearson menggunakan perumusan dapat dilihat pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8. Hasil Perhitungan Metode Log Pearson Tipe III

Ranking	Tahun	R (mm)	$R_i = \log R$ (mm)	$R_i - R_t$ (mm)	$(R_i - R_t)^2$ (mm)	$(R_i - R_t)^3$ (mm)
1	2002	200	2,301	0,3019	0,091145	0,027517
2	2007	153	2,1847	2,1847	0,034434	0,006390
3	2003	115	2,0607	0,0616	0,003791	0,000233
4	2001	115	2,0607	0,0616	0,003791	0,000233
5	2011	98	1,9912	-0,0079	0,000062	0,000000
6	2010	98	1,9912	-0,0079	0,000062	0,000000
7	2013	95	1,9777	-0,0214	0,000458	-0,000010
8	2012	94	1,9731	-0,026	0,000676	-0,000018
9	2006	90	1,9542	-0,0449	0,002015	-0,000090
10	2005	85	1,9294	-0,0697	0,004859	-0,000339
11	2004	76	1,8808	-0,1183	0,013998	-0,001656
12	2008	71	1,8513	-0,1479	0,021865	-0,003233
13	2009	68	1,8325	-0,1666	0,027762	-0,004626
Jumlah		1358,00	25,99		0,020492	0,024401
Rata-rata (R_t)			=	1,999		
Sx (Standar Deviasi)			=	0,13		
Cs (Skew Coefficient)			=	1,08		

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Berdasarkan nilai $C_s = 1,08$ yang diperoleh dan periode ulang (T), dapat ditentukan nilai K_x dari Tabel 5.9 dengan cara interpolasi.

Tabel 5.9. Nilai Kx untuk Distribusi Log Pearson Tipe III dengan Nilai Cs

T (th)	2	5	10	25	50	100
Cs: P(%)	50	20	10	4	2	1
0	0,000	0,842	1,282	1,751	2,045	2,376
0,10	0,017	0,836	1,297	1,785	2,107	2,400
0,20	0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,30	0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544
0,40	0,066	0,816	1,317	1,88	2,261	2,615
0,50	0,083	0,808	1,323	1,91	2,311	2,606
0,60	0,079	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,70	0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824
0,80	0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,90	0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957
1,00	0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
1,08	0,177	0,748	1,341	2,061	2,576	3,074
1,10	0,180	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087
1,20	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,30	-0,210	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211
1,40	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,50	-0,240	0,690	1,333	2,146	2,743	3,330
1,60	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,70	-0,268	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444
1,80	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,90	-0,294	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553
2,00	-0,307	0,609	0,302	2,219	2,912	3,605

Sumber: CD. Soemarto, Hidrologi Teknik

Selanjutnya contoh hitungan besaran nilai hujan harian maksimum dengan PUH 2 tahun dapat dihitung dengan rumus:

$$R_T = R_1 + (K_x \times S_x)$$

$$R_T = 1,999 + (0,177 \times 0,13) = 2,022$$

$$\text{Nilai HHM} = \text{anti log } R_T = 10^{2,022} = 105,25\text{mm}$$

Selengkapnya hasil perhitungan HHM Metode Log Pearson Tipe III dapat dilihat pada Tabel 5.10.

Tabel 5.10. Perhitungan Curah Hujan Harian Maksimum Metode Log Pearson Tipe III

T (tahun)	Rt (mm)	kx	Sx	Rt	HHM (mm)
2	1,999	0,177	0,13	2,022	105,25
5	1,999	0,748	0,13	2,097	124,97
10	1,999	1,341	0,13	2,174	149,40
25	1,999	2,061	0,13	2,269	185,57
50	1,999	2,576	0,13	2,336	216,67
100	1,999	3,074	0,13	2,401	251,67

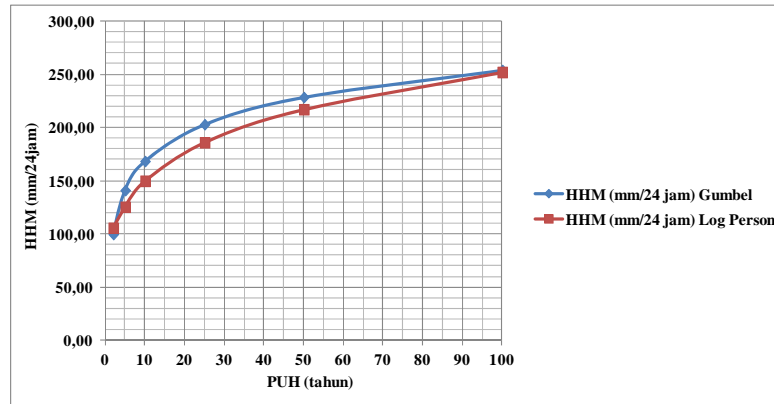
Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Perbandingan hasil perhitungan antara kedua metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.11. Nilai HHM digambarkan pada grafik yang terlihat pada Gambar 5.3.

Tabel 5.11. Perbandingan Nilai Hujan Harian Maksimum Metode Gumbel dan Log Pearson Tipe III

PUH (tahun)	HHM (mm/24 jam)	
	Gumbel	Log Person
2	99,34	105,25
5	140,63	124,97
10	167,97	149,40
25	202,52	185,57
50	228,14	216,67
100	253,58	251,67

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014



Gambar 5.3. Perbandingan Nilai Hujan Harian Maksimum Metode Gumbel dan Log Pearson Tipe III

Dari Tabel 5.11 dan Gambar 5.3 grafik diatas terlihat bahwa hasil perhitungan Metode Gumbel memberikan hasil perhitungan yang lebih besar dibandingkan dengan Metode Log Pearson Type III. Dengan demikian untuk perhitungan selanjutnya akan digunakan hasil perhitungan curah hujan maksimum menurut Metode Gumbel.

5.1.3. Uji Keselarasan (Goodnes Of Fit)

Uji keselarasan distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah distribusi frekuensi dari sample data terhadap fungsi jenis peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekuensi tersebut, sehingga diperlukan pengujian parameter.

Uji Chi-Kuadrat (Chi-Square)

Diketahui:

- Jumlah data (n) = 13
- Menentukan Probabilitas dari data debit curah hujan dengan melakukan peringkat terlebih dahulu:

Tabel 5.12. Nilai Peringkat Debit Curah Hujan dan Probability

No.	X (mm)	Peringkat	Pe
1	200,00	1	0,07
2	153,00	2	0,14
3	115,00	3	0,21
4	115,00	4	0,29
5	98,00	5	0,36
6	98,00	6	0,43
7	95,00	7	0,50
8	94,00	8	0,57
9	90,00	9	0,64
10	85,00	10	0,71
11	76,00	11	0,79
12	71,00	12	0,86
13	68,00	13	0,93

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

- Jumlah kelas (k) $= 1 + 3,322 \log (n)$
 $= 1 + 3,322 \log (13)$
 $= 4,70 \rightarrow$ pakai 5
- Derajat kepercayaan (α) = 5%
- Derajat kebebasan (γ) $= k - (p + 1)$
 $= 5 - (2 + 1) = 2$
- Dengan derajat kepercayaan (α) = 5% dan derajat bebas (γ) = 2, maka diperoleh nilai kritis untuk distribusi Chi-Square (Δ_{kritis}) adalah 5,991.

(nilai R untuk distribusi gumbel = 2)

- Of (Observed Frequency) = merupakan frekuensi data pada interval setiap kelas
- Ef (Expected frequency) = jumlah data/ kelas (n/k)
 $= 13/5$
 $= 2,6$

Nilai uji kecocokan *Chi Square* distribusi Gumbel dapat dilihat pada tabel 5.13.berikut:

Tabel 5.13. Nilai Uji *Chi Square* Metode Gumbel

No.	Probability	Ef	Observed Frequency (Of)	Ef - Oi	(Ef - Oi) ² / Ef
1	$0,00 < P \leq 0,25$	2,6	3	-0,40	0,061
2	$0,26 < P \leq 0,5$	2,6	4	-0,65	0,162
3	$0,51 < P \leq 0,75$	2,6	3	-0,40	0,061
4	$0,76 < P \leq 1$	2,6	3	-0,40	0,061
Jumlah			13	0,00	0,3455

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Dari hasil kesimpulan pada Tabel diatas, X^2 terhitung lebih kecil dari X^2 , maka distribusi Gumbel dapat **diterima**.

Uji Smirnov Kolmogrof

Prosedur pelaksanaan uji kecocokan Smirnov Kolmogrof adalah terlebih dahulu data dari besar ke kecil dan menentukan peluang masing-masing data. Data yang diketahui adalah sebagai berikut:

- Jumlah data (n) = 13
 - Derajat kepercayaan (α) = 0,05
 - Nilai kritis (D_0) (dilihat di Tabel berikut) = 0,368
 - Y_n = 0,507
 - S_n = 0,997
 - Standar Deviasi (Sx) = 36,33
 - $\frac{1}{\alpha} = \frac{Sx}{S_n}$ = 36,432
 - $b = \bar{R} - \frac{1}{\alpha} \times Y_n$ = 85,991
 - P_t = Peluang teoritis
 - P_e = Perhitungan probabilitas distribusi empiris
- $P_e = \frac{m}{n+1}$, dimana m adalah no. Urut atau peringkat dua data yang akan dihitung.

Hasil perhitungan selanjutnya untuk uji Smirnov Kolmogorov Metode Gumbel dapat dilihat pada Tabel 5.14.

Dari hasil perhitungan diperoleh dari nilai $D_{maks} = 0,89$ lebih besar dari nilai $D_0 = 0,368$ (dilihat pada tabel 5.15.) sehingga uji parameter distribusi Gumbel dengan Metode Smirnov Kolmogorov **tidak dapat diterima**.

Berdasarkan hasil uji distribusi Metode Chi Kuadrat dan Metode Smirnov Kolmogorov, maka metode curah hujan harian maksimum yang digunakan adalah menggunakan Metode Chi Kuadrat dengan Uji Distribusi Gumbel.

Tabel 5.14. Perhitungan Probabilitas Curah Hujan Uji Smirnov Kolmogorov Metode Gumbel

No	X (mm)	Pe	Pt	D Pe-Pt
1	200,00	0,07	0,96	0,89
2	153,00	0,14	0,96	0,81
3	115,00	0,21	0,96	0,74
4	115,00	0,29	0,96	0,67
5	98,00	0,36	0,96	0,60
6	98,00	0,43	0,96	0,53
7	95,00	0,50	0,96	0,46
8	94,00	0,57	0,96	0,39
9	90,00	0,64	0,96	0,31
10	85,00	0,71	0,96	0,24
11	76,00	0,79	0,96	0,17
12	71,00	0,86	0,96	0,10
13	68,00	0,93	0,96	0,13
Dmax				0,89

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Tabel 5.15. Nilai Kritis D_0 untuk uji Smirnov Kolmogorov

N	a			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,56	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
13	0,29	0,328	0,368	0,436
15	0,27	0,30	0,34	0,40
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
$N > 50$	$1,07 / (N^{1/2})$	$1,22 / (N^{1/2})$	$1,36 / (N^{1/2})$	$1,63 / (N^{1/2})$

Sumber: Soewarno, 1995

5.1.4. Analisis Intensitas Hujan

Perhitungan besaran intensitas hujan menggunakan tiga metode antara lain Metode Bell, Metode Van Breen, dan Metode Hasper-Der Weduwen. Data yang digunakan untuk perhitungan ini didapatkan dari perhitungan HHM dengan Metode Gumbel. Hasil perhitungan dari ketiga metode tersebut dipilih yang menghasilkan intensitas hujan tertinggi untuk menghitung debit rencana maksimum.

a. Metode Bell

Perhitungan dengan Metode Bell berpedoman pola hujan menurut Tanimoto berdasarkan penelitian Dr. Borema. Distribusi curah hujan menurut Tanimoto dapat dilihat pada Tabel 5.16.

Tabel 5.16. Pedoman Pola Hujan Setiap Jam Menurut Tanimoto

Jam ke-	Hujan (mm)			
	170	230	350	470
1	87	90	96	102
2	28	31	36	42
3	18	20	26	31
4	11	14	20	25
5	8	11	16	22
6	6	9	14	20
7	6	8	13	19
8	4	7	12	18
9	2	5	10	15
10	-	5	10	15
11	-	4	9	14
12	-	4	9	14
13	-	4	9	14
14	-	4	9	14
15	-	3	8	13
16	-	3	8	13
17	-	3	7	13
18	-	3	7	12
19	-	2	7	11
20	-	-	7	11
21	-	-	7	11
22	-	-	6	11
23	-	-	4	10

Sumber: Imam Subarkah dalam Hariadi

Perumusan secara empiris berdasarkan data hujan dengan durasi 1 jam (60 menit). Pola distribusi hujan untuk setiap jam hanya pada jam ke-1 sampai jam ke-4 saja yang didapatkan dari perhitungan Metode Gumbel. Contoh perhitungan untuk PUH 2 tahun adalah sebagai berikut:

$$\text{Jam ke-1 : HHM} = \frac{Rx \times 87}{170} = \frac{99,34 \times 87}{170} = 50,84$$

$$\text{Jam ke-2 : HHM} = \frac{Rx \times 28}{170} = \frac{99,34 \times 28}{170} = 16,36$$

$$\text{Jam ke-3 : HHM} = \frac{Rx \times 18}{170} = \frac{99,34 \times 18}{170} = 10,52$$

$$\text{Jam ke-4 : HHM} = \frac{Rx \times 11}{170} = \frac{99,34 \times 11}{170} = 6,43$$

Hasil perhitungan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.17.

Tabel 5.17. Pola Distribusi Hujan Harian Maksimum Per Jam dari Jam ke-1 Sampai Jam ke-4

Jam	HHM (mm/jam) dengan PUH (tahun)				
Ke-	2	5	10	25	50
1	50,84	71,97	85,96	103,64	116,76
2	16,36	23,16	27,67	33,36	37,58
3	10,52	14,89	17,79	21,44	24,16
4	6,43	9,10	10,87	13,1	14,76
Rata-rata	21,04	29,78	35,57	42,89	48,31

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Intensitas hujan dihitung berdasarkan pada rata-rata distribusi 2 jam pertama pada periode ulang hujan 10 tahun. Contoh perhitungannya sebagai berikut:

$$R_{10 \text{ Tahun}}^{60 \text{ Menit}} = \frac{85,96 + 27,67}{2} = 56,81$$

Selanjutnya contoh perhitungan nilai R dan intensitas curah hujan pada PUH 2 tahun dengan $t = 5$ menit adalah sebagai berikut:

$$R_T' = (0,21 \times \ln T + 0,52) (0,54 \times t^{0,25} - 0,50) \times R_{10 \text{ Tahun}}^{60 \text{ Menit}}$$

$$R_{2 \text{ tahun}}^{5 \text{ menit}} = (0,21 \times \ln 2 + 0,52) (0,54 \times t^{0,25} - 0,50) \times 56,81 = 11,63$$

$$I_T' = \frac{60}{t} \times R_T' = \frac{60}{5} \times 11,63 = 139,52 \text{ mm/jam}$$

Menggunakan cara yang sama maka hasil perhitungan intensitas hujan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.18.

Tabel 5.18. Distribusi Intensitas Hujan dengan Metode Bell

Durasi (Menit)	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
5	139,52	179,86	210,38	250,71	281,23
10	104,42	134,61	157,45	187,64	210,48
20	72,82	93,88	109,80	130,86	146,78
40	48,67	62,74	73,38	87,45	98,09
60	37,92	48,89	57,18	68,14	76,44
80	31,62	40,76	47,68	56,82	63,73
120	24,34	31,37	36,70	43,73	49,06
240	15,37	19,81	23,17	27,61	30,97

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

b. Metode Van Breen

Perhitungan dengan Metode Van Breen menganggap intensitas hujan efektif 90% dari lama durasi hujan harian terpusat selama 4 jam. Contoh perhitungan intensitas hujan dengan PUH 2 tahun adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{90\% R^{24}}{4}$$

Dengan $R^{24} = 99,34 \text{ mm/jam}$

$$I = \frac{90\% 99,34}{4} = 22,35 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 5.19. berikut:

Tabel 5.19. Intensitas Hujan dengan Metode Van Breen

T (tahun)	R Maks (mm)	I Efektif 4 Jam
2	99,34	22,35
5	140,63	31,64
10	167,97	37,79
25	202,52	45,57
50	228,14	51,33
100	253,58	57,06

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Perhitungan distribusi intensitas hujan menggunakan tabel intensitas hujan Kota Jakarta seperti pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20. Kurva Intensitas Durasi Kota Jakarta

Durasi (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
5	126	148	155	180	191
10	114	126	138	156	168
20	102	114	123	135	144
40	76	87	96	105	114
60	61	73	81	91	100
80	52	63	71	80	87
120	36	45	51	58	63
240	21	27	30	35	40

Sumber: BUDP, 1978 (dalam Masduki)

Contoh perhitungan PUH 2 tahun dengan durasi 5 menit adalah sebagai berikut:

$$I = \frac{126}{21} \times 22,35 = 134,11$$

Hasil perhitungan distribusi intensitas hujan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 5.21.

Tabel 5.21. Distribusi Intensitas Hujan dengan Metode Van Breen

Durasi (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
5	134,11	173,45	195,26	234,34	245,11
10	121,34	147,67	173,85	203,1	215,60
20	108,57	133,6	154,95	175,76	184,80
40	80,89	101,96	120,94	136,70	146,30
60	64,93	85,55	102,94	118,47	128,33
80	55,35	73,83	89,44	104,15	111,65
120	38,32	52,74	64,25	75,51	80,85
240	22,35	31,64	37,79	45,57	51,33

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

c. Metode Hasper – Der Weduwen

Distribusi hujan harian dikelompokkan atas dasar anggapan bahwa hujan mempunyai distribusi yang simetris dengan lama hujan 0-1 jam dan durasi antara 1 sampai dengan 24 jam. Contoh perhitungan untuk PUH 2 tahun adalah sebagai berikut:

Durasi $t = 5$ menit = 0,083 jam; $X_T = 99,34$ mm/24 jam

$$R_1 = X_T \times \left[\frac{1218.t+54}{X_T(1-t)+1272.t} \right]$$

$$R_1 = 99,34 \times \left[\frac{1218.0,0833+54}{99,34(1-0,0833)+(1272.0,0833)} \right] = 78,52 \text{ mm}$$

$$R = \left[\sqrt{\frac{11.300.(t)}{(t+3,12)}} \right] \left[\frac{R_1}{100} \right]$$

$$R = \left[\sqrt{\frac{11.300.(0,083)}{(0,083+3,12)}} \right] \left[\frac{78,52}{100} \right] = 15,18 \text{ mm}$$

$$I = \frac{R}{t} = \frac{15,18}{0,0833} = 182,16 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan intensitas hujan dengan cara yang sama dan PUH yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 5.22.

Tabel 5.22. Distribusi Intensitas Hujan dengan Metode Hasper – Der Weduwen

Durasi (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
5	182,16	198,51	206,23	213,80	218,30
10	133,67	150,50	159,06	167,92	173,43
20	95,66	110,75	118,96	127,90	133,73
40	66,11	78,05	84,87	92,60	97,83
60	52,20	62,11	67,87	74,53	79,10
80	43,48	51,73	56,54	62,08	65,89
120	33,11	39,39	43,05	47,27	50,18
240	19,85	23,62	24,82	28,35	30,09

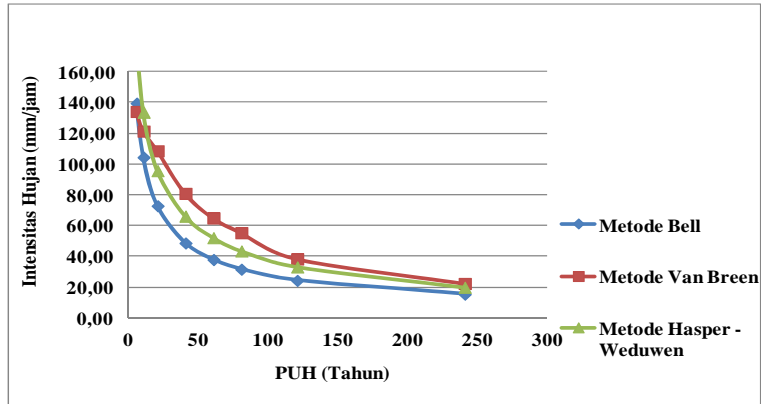
Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Tabel 5.23. Perbandingan Hasil Perhitungan Distribusi Intensitas Hujan dengan Ketiga Metode

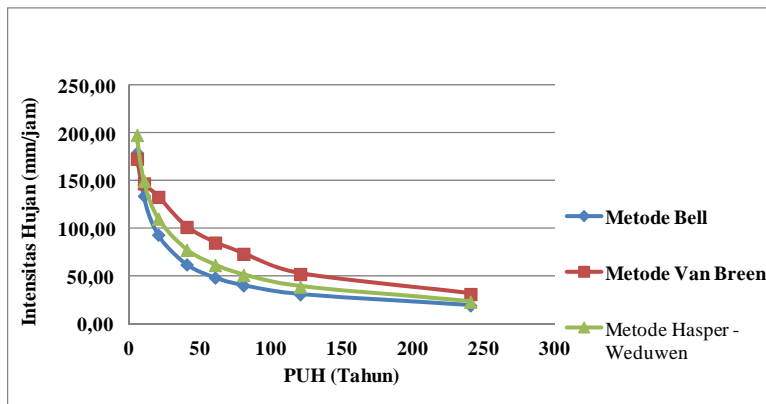
Durasi (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
Metode Bell					
5	139,52	179,86	210,38	250,71	281,23
10	104,42	134,61	157,45	187,64	210,48
20	72,82	93,88	109,80	130,86	146,78
40	48,67	62,74	73,38	87,45	98,09
60	37,92	48,89	57,18	68,14	76,44
80	31,62	40,76	47,68	56,82	63,73
120	24,34	31,37	36,70	43,73	49,06
240	15,37	19,81	23,17	27,61	30,97
Durasi (menit)	Intensitas Hujan (mm/jam) untuk PUH (tahun)				
	2	5	10	25	50
Metode Van Breen					
5	134,11	173,45	195,26	234,34	245,11
10	121,34	147,67	173,85	203,10	215,60
20	108,57	133,60	154,95	175,76	184,80
40	80,89	101,96	120,94	136,70	146,30
60	64,93	85,55	102,04	118,47	128,33
80	55,35	73,83	89,44	104,15	111,65
120	38,32	52,74	64,25	75,51	80,85
240	22,35	31,64	37,79	45,57	51,33
Metode Hasper - Weduwen					
	2	5	10	25	50
5	182,16	198,51	206,23	213,80	218,30
10	133,67	150,50	159,06	167,92	173,43
20	95,66	110,75	118,96	127,90	133,73
40	66,11	78,05	84,87	92,60	97,83
60	52,10	62,11	67,87	74,53	79,10
80	43,48	51,73	56,54	62,08	65,89
120	33,11	39,39	43,05	47,27	50,18
240	19,85	23,62	25,82	28,35	30,09

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

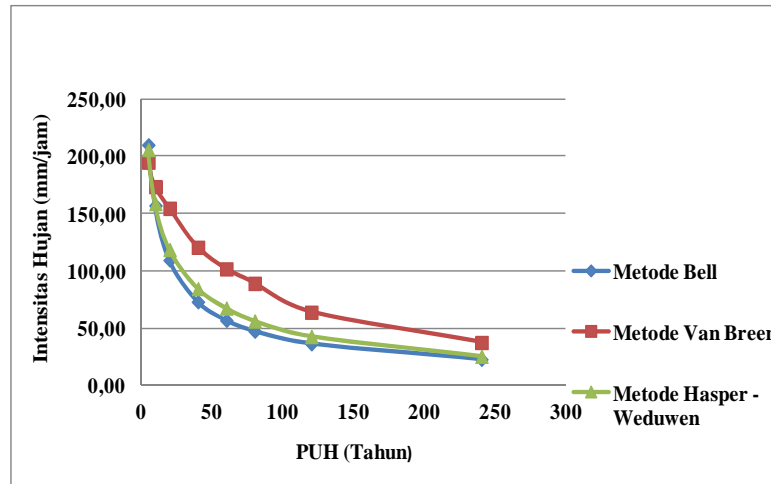
Grafik lengkung intensitas hujan ketiga metode dengan PUH 2 tahun, 5 tahun dan 10 tahun masing-masing dapat dilihat pada Gambar 5.4. sampai Gambar 5.6. Dari grafik dapat dilihat bahwa intensitas hujan dengan Metode Van Breen mempunyai lengkung intensitas paling kecil sehingga hasil perhitungan dari metode ini yang digunakan untuk perhitungan selanjutnya.



Gambar 5.4. Distribusi Intensitas Hujan PUH 2 Tahun



Gambar 5.5. Distribusi Intensitas Hujan PUH 5 Tahun



Gambar 5.6. Distribusi Intensitas Hujan PUH 10 Tahun

5.1.5. Perhitungan Rumus Lengkung Intensitas Hujan Rencana

Perhitungan rumus intensitas hujan menggunakan Metode Talbot, Sherman, dan Ishiguro. Dari perhitungan distribusi intensitas hujan sebelumnya terpilih intensitas hujan dengan Metode Van Breen.

Contoh perhitungan rumus intensitas untuk PUH 2 tahun berikut:

Metode Talbot

$$I = \frac{a}{t+b}$$

$$a = \frac{(\sum I.t)(\sum I^2) - (\sum I^2.t)(\sum I)}{(N.\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$a = \frac{(25577,23 \times 60287,26) - (60287,26 \times 625,86)}{13 \times 60287,26 - (625,86)^2} = 6.459,23$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I.t) - N(\sum I^2.t)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$b = \frac{(625,86 \times 25577,23) - (13 \times 152876,60)}{13 \times 60287,26 - (625,86)^2} = 41,70$$

$$I = \frac{6.459,23}{t+41,70}$$

Metode Sherman

$$I = \frac{a}{t^n}$$

$$\text{Log } a = \frac{(\sum \log I)(\sum \log^2 t) - (\sum \log t \cdot \log I)(\sum \log t)}{N(\sum \log^2 t) - (\sum \log t)^2}$$

$$\text{Log } a = \frac{(14,6433 \times 22,5198) - (22,3200 \times 12,7427)}{13 \times 22,5198 - 12,7427^2} = 3,82$$

$$n = \frac{(\sum \log I)(\sum \log t) - N(\sum \log t \cdot \log I)}{N(\sum \log^2 t) - (\sum \log t)^2}$$

$$n = \frac{(14,6433 \times 12,7427) - (13 \times 22,3200)}{13 \times 22,5198 - 12,7427^2} = 0,45$$

$$I = \frac{354,96}{t^{0,45}}$$

Metode Ishiguro

$$I = \frac{a}{\sqrt{t}+b}$$

$$a = \frac{(\sum I \cdot \sqrt{t})(\sum I^2) - (\sum I^2 \sqrt{t})(\sum I)}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$a = \frac{(3444,75 \times 60287,26) - (264755,11 \times 625,86)}{13 \times 60287,26 - 625,86^2} = 463,31$$

$$b = \frac{(\sum I)(\sum I \cdot \sqrt{t}) - N(\sum I^2 \sqrt{t})}{N(\sum I^2) - (\sum I)^2}$$

$$b = \frac{(625,86 \times 3444,75) - (13 \times 264755,11)}{13 \times 60287,26 - 625,86^2} = 0,42$$

$$I = \frac{463,31}{\sqrt{t}+0,42}$$

Dengan menggunakan cara yang sama, perumusan untuk ketiga metode dengan PUH 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun disajikan pada Tabel 5.24. sampai 5.26.

Tabel 5.24. Lengkung Intensitas Hujan untuk PUH 2 Tahun

No.	t	I	L.t	I²	I².t	log t	log I	log t. Log I	log².t	√t	I.√t	I².√t
(1)	(2)	(3)	(4) = (2)x(3)	(5) = (3)²	(6) = (5) x (2)	(7) = log(2)	(8) = log(3)	(9) = (7) x (8)	(10) = log (7)²	(11) = √(2)	(12) = (3) x (11)	(13) = (5) x (11)
1	5	134,11	670,56	17.986,25	89.931,27	0,6990	2,1275	1,4870	0,4886	2,2361	299,89	40.218,49
2	10	121,34	1.213,40	14.723,44	147.234,41	1,0000	2,0840	2,0840	1,0000	3,1623	383,71	46.559,61
3	20	108,57	2.171,35	11.786,91	235.738,20	1,3010	2,0357	2,6485	1,6927	4,4721	485,53	52.712,66
4	40	80,89	3.235,74	6.543,75	261.750,07	1,6021	1,9079	3,0566	2,5666	6,3246	511,62	41.386,32
5	60	64,93	3.895,66	4.215,60	252.935,94	1,7782	1,8124	3,2228	3,1618	7,7460	502,93	32.653,89
6	80	55,35	4.427,85	3.063,42	245.073,47	1,9031	1,7431	3,3173	3,6218	8,9443	495,05	27.400,05
7	120	38,32	4.598,51	1.468,27	176.191,87	2,0792	1,5834	3,2922	4,3230	10,9545	419,75	16.084,04
8	240	22,35	5.364,51	499,62	119.908,36	2,3802	1,3493	3,2117	5,6654	15,4919	346,28	7.740,05
Jumlah	625,86	25.577,23	60.287,26	1.528.763,60	12,7427	14,6433	22,3200	22,5198	59,3317	3.444,75	264.755,11	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Tabel 5.25. Lengkung Intensitas Hujan untuk PUH 5 Tahun

No.	t	I	L.t	I²	I².t	log t	log I	log t. Log I	log².t	√t	I.√t	I².t
(1)	(2)	(3)	(4) = (2)x(3)	(5) = (3)²	(6) = (5) x (2)	(7) = log(2)	(8) = log(3)	(9) = (7) x (8)	(10) = log (7)²	(11) = √(2)	(12) = (3) x (11)	(13) = (5) x (11)
1	5	173,45	867,25	30.084,78	150.423,92	0,6990	2,2392	1,5651	0,4886	2,2361	387,85	67.271,62
2	10	147,67	1.476,67	21.805,43	218.054,25	1,0000	2,1693	2,1639	1,0000	3,1623	466,96	68.954,81
3	20	133,60	2.672,06	17.849,79	356.995,85	1,3010	2,1258	2,7658	1,6927	4,4721	597,49	79.826,70
4	40	101,96	4.078,41	10.395,90	415.835,89	1,6021	2,0084	3,2176	2,5666	6,3246	644,85	65.749,43
5	60	85,55	5.133,17	7.319,29	439.157,64	1,7782	1,9322	3,4358	3,1618	7,7460	662,69	56.695,01
6	80	73,83	5.906,66	5.451,36	436.108,50	1,9031	1,8683	3,5555	3,6218	8,9443	660,39	48.758,41
7	120	52,74	6.328,57	2.781,30	333.756,51	2,0792	1,7221	3,5806	4,3230	10,9545	577,72	30.467,66
8	240	31,64	7.594,28	1.001,27	240.304,69	2,3082	1,5003	3,5710	5,6654	15,4919	490,21	15.511,60
Jumlah	800,45	34.057,07	96.689,12	2.590.637,24	12,7427	15,5656	23,8606	22,5198	59,3317	4.488,15	433.235,24	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Tabel 5.26. Lengkung Intensitas Hujan untuk PUH 10 Tahun

No.	t	I	L.t	I ²	I ² .t	log t	log I	log t. Log I	log ² .t	\sqrt{t}	I. \sqrt{t}	I. \sqrt{t}
(1)	(2)	(3)	(4) = (2)x(3)	(5) = (3) ²	(6) = (5) x (2)	(7) = log(2)	(8) = log(3)	(9) = (7) x (8)	(10) = log (7) ²	(11) = $\sqrt{(2)}$	(12) = (3) x (11)	(13) = (5) x (11)
1	5	195,26	976,32	38.128,37	190.641,84	0,6990	2,2906	1,6011	0,4886	2,2361	436,63	85.257,62
2	10	173,85	1.738,49	30.223,38	302.233,78	1,0000	2,2402	2,2402	1,0000	3,1623	549,76	95.574,71
3	20	154,95	3.099,04	24.010,16	480.203,19	1,3010	2,1902	2,8495	1,6927	4,4721	692,97	107.376,70
4	40	120,94	4.837,53	14.626,06	585.042,32	1,6021	2,0826	3,3364	2,5666	6,3246	764,88	92.503,31
5	60	102,04	6.122,50	10.412,50	624.749,78	1,7782	2,0088	3,5719	3,1618	7,7460	790,41	80.654,85
6	80	89,44	7.155,51	8.000,21	640.017,00	1,9031	1,9516	3,7140	3,6218	8,9443	800,01	71.556,08
7	120	64,25	7.709,81	4.127,86	495.343,45	2,0792	1,8079	3,7589	4,3230	10,9545	703,81	45.218,46
8	240	37,79	9.070,37	1.428,33	342.798,23	2,3802	1,5774	3,7546	5,6654	15,4919	585,49	22.127,53
Jumlah		938,53	40.709,58	130.956,86	3.661.029,59	12,7427	16,1492	24,8265	22,5198	59,3317	5.323,95	600.269,27

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Tabel 5.27. Rumus Intensitas Hujan untuk Periode Ulang Hujan 2 Tahun, 5 Tahun, 10 Tahun

PUH (tahun)	Talbot	Sherman	Ishiguro
2	$I = \frac{6459,23}{t+41,70}$	$I = \frac{354,96}{t^{0,45}}$	$I = \frac{463,31}{\sqrt{t}-0,42}$
5	$I = \frac{9181,48}{t+49,22}$	$I = \frac{411,30}{t^{0,42}}$	$I = \frac{656,44}{\sqrt{t}-0,95}$
10	$I = \frac{11361,19}{t+53,47}$	$I = \frac{458,21}{t^{0,40}}$	$I = \frac{802,31}{\sqrt{t}-1,17}$

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Setelah rumus intensitas curah hujan untuk tiap PUH didapatkan, maka untuk mencari intensitas tiap waktu dapat dihitung dengan mensubstitusikan nilai waktu (t) ke masing – masing persamaan. Setelah itu dicari selisih intensitas hujannya. Contoh perhitungan untuk intensitas hujan dengan PUH 2 tahun dengan $t = 5$ menit, dan $I = 134,11$ mm/jam adalah sebagai berikut:

I dengan Metode Talbot

$$I = \frac{6459,23}{t+41,70} = \frac{6459,23}{5+41,70} = 138,32 \text{ mm/jam}$$

- I dengan Metode Sherman

$$I = \frac{354,96}{t^{0,45}} = \frac{354,96}{5^{0,45}} = 171,53 \text{ mm/jam}$$

- I dengan Metode Ishiguro

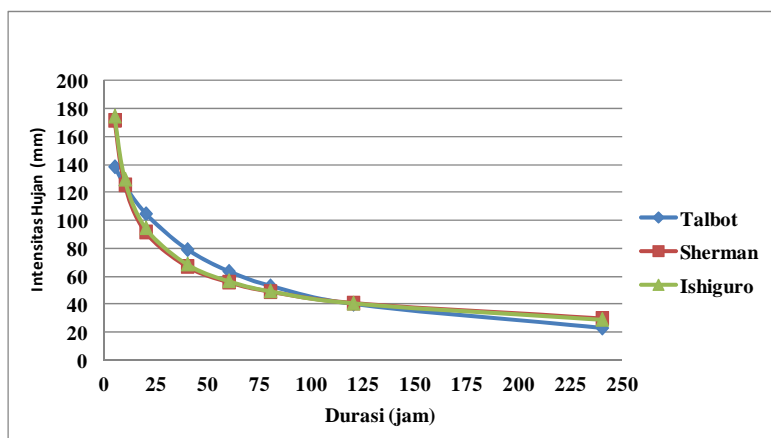
$$I = \frac{463,31}{\sqrt{t}-0,42} = \frac{463,31}{\sqrt{5}-0,42} = 174,55 \text{ mm/jam}$$

Dengan cara yang sama untuk mencari intensitas hujan berbagai nilai waktu (t) dengan PUH 2 tahun, 5 tahun, dan 10 tahun dapat dilihat pada Tabel 5.28. sampai Tabel 5.30.

Tabel 5.28. Selisih Intensitas Hujan Metode Talbot, Sherman dan Ishiguro untuk PUH 2 Tahun

No.	t	I	Talbot		Sherman		Ishiguro	
		Data	I	Δ	I	Δ	I	Δ
1	5	134,11	138,32	4,21	171,53	37,41	174,55	40,44
2	10	121,34	124,94	3,60	125,40	4,06	129,40	8,06
3	20	108,57	104,69	3,88	91,68	16,89	94,74	13,83
4	40	80,89	79,06	1,83	67,03	13,87	68,71	12,18
5	60	64,93	63,51	1,41	55,81	9,12	56,75	8,18
6	80	55,35	53,08	2,27	49,00	6,35	49,49	5,86
7	120	38,32	39,95	1,63	40,80	2,48	40,74	2,42
8	240	22,35	22,93	0,58	29,83	7,48	29,12	6,77
Jumlah				19,41		97,65		97,74
Rata-rata				2,43		12,21		12,22

Sumber: hasil perhitungan, 2014

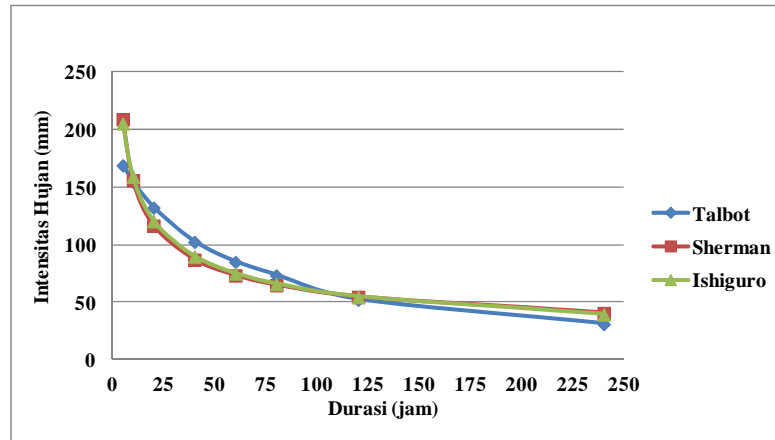


Gambar 5.7. Lengkung Intensitas Hujan PUH 2 Tahun

Tabel 5.29. Selisih Intensitas Hujan Metode Talbot, Sherman dan Ishiguro untuk PUH 5 Tahun

No.	t	I	Talbot		Sherman		Ishiguro	
		Data	I	Δ	I	Δ	I	Δ
1	5	173,45	169,35	4,10	209,33	35,88	205,80	32,35
2	10	147,67	155,05	7,38	156,49	8,83	159,49	11,82
3	20	133,6	132,65	0,95	116,99	16,61	120,98	12,62
4	40	101,96	102,91	0,95	87,46	14,50	90,19	11,77
5	60	85,55	85,55	1,49	73,78	11,77	75,46	10,10
6	80	73,83	73,83	2,78	65,39	8,45	66,32	7,51
7	120	52,74	52,74	1,52	55,16	2,42	55,13	2,39
8	240	31,64	31,64	0,10	41,23	9,59	39,92	8,27
Jumlah				19,28		108,04		96,82
Rata-rata				2,41		13,51		12,10

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

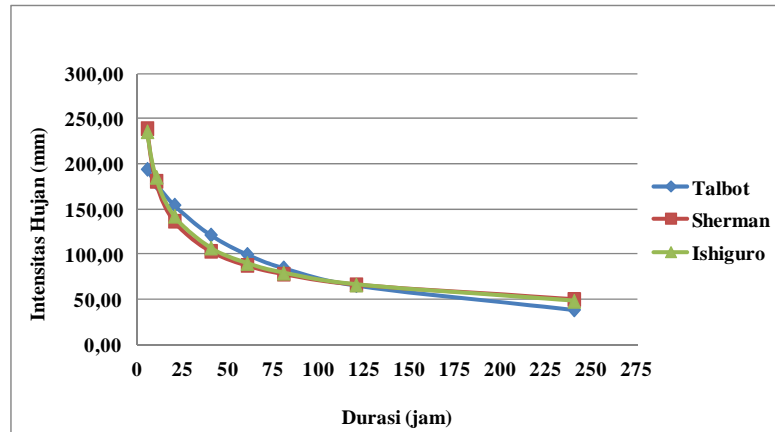


Gambar 5.8. Lengkung Intensitas Hujan PUH 5 Tahun

Tabel 5.30. Selisih Intensitas Hujan Metode Talbot, Sherman dan Ishiguro untuk PUH 10 Tahun

No.	t	I	Talbot		Sherman		Ishiguro	
		Data	I	Δ	I	Δ	I	Δ
1	5	195,26	194,32	0,95	239,42	44,15	235,82	40,55
2	10	173,85	179,01	5,16	181,03	7,18	185,36	11,51
3	20	154,95	154,64	0,31	136,88	18,07	142,30	12,66
4	40	120,94	121,55	0,62	103,50	17,44	107,11	13,83
5	60	102,04	100,13	1,91	87,88	14,16	90,02	12,02
6	80	89,44	85,12	4,32	78,26	11,19	79,35	10,09
7	120	64,25	65,50	1,25	66,45	2,20	66,19	1,95
8	240	37,71	38,71	0,92	50,24	12,45	48,16	10,37
Jumlah				15,43		126,85		112,97
Rata-rata				1,93		15,86		14,12

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014



Gambar 5.9. Lengkung Intensitas Hujan PUH 10 Tahun

Dari ketiga metode yang digunakan, untuk PUH 2,5, dan 10 tahun didapatkan nilai ΔI Hujan terkecil adalah metode Talbot. Sehingga rumus yang digunakan untuk menghitung besarnya intensitas hujan adalah dengan persamaan metode Talbot, yaitu:

$$I = \frac{9181,48}{t + 49,22}$$

5.2. Analisis Hidrolika

5.2.1. Analisis Kapasitas Saluran Eksisting

Perhitungan kapasitas saluran eksisting untuk mengetahui berapa besaran kapasitas tampung saluran pada kondisi fisik yang terdapat di lapangan. Untuk data tinggi muka air (h) yang didapat adalah tinggi muka air yang sudah terhitung dengan adanya endapan di masing-masing saluran, dimana endapan dalam saluran dibersihkan secara rutin selama 6 bulan 1 kali.

Contoh langkah-langkah perhitungan kapasitas saluran pada Saluran Pondok Nirwana yang mempunyai penampang persegi empat adalah sebagai berikut:

Diketahui data saluran Pondok Nirwana:

- Panjang ruas saluran (L) = 732,00 m
- Lebar saluran (B) = 2,00 m
- Tinggi muka air (h) = 1,10 m
- Koef. Kekasaran (n) = 0,020 (pasangan batu kali)
- Kemiringan dasar saluran (S) = 0,00048
- Perhitungan luas penampang basah saluran (A):

$$\begin{aligned} A &= b \times h \\ &= 2,00 \times 1,10 \\ &= 2,20 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

- Keliling penampang basah (P):

$$\begin{aligned} P &= b + 2h \\ &= 2,00 + 2 \times 1,10 \\ &= 4,2 \text{ m} \end{aligned}$$

- Jari-jari hidrolis:

$$R = \frac{A}{P} = \frac{2,20}{4,2} = 0,524 \text{ m}$$

- Kecepatan air di saluran:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n} = \frac{0,524^{2/3} / 0,00048^{1/2}}{0,020} = 0,710 \text{ m/detik}$$

- Debit aliran:

$$Q = V.A = 0,710 \times 2,20 = 1,563 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

Dengan menggunakan cara yang sama perhitungan selengkapnya kapasitas tampung saluran dapat dilihat pada Tabel 5.31.

5.2.2. Analisis Intensitas Hujan Rencana

Debit limpasan air hujan yang terjadi sangat dipengaruhi oleh besarnya intensitas hujan yang terjadi di lokasi penelitian serta kondisi tangkapan air hujan. Besaran limpasan yang terjadi akan berpengaruh terhadap kemampuan sistem yang ada untuk mengalirkan limpasan tersebut menuju badan air penerima. Besarnya koefisien pengaliran dipengaruhi kondisi topografi

lahan, diambil dari rata-rata nilai koefisien pengaliran masing-masing peruntukan tata guna lahan Surabaya yang didominasi oleh bangunan dimana Koefisien Nilai C dapat dilihat Tabel 3.7. Hasil nilai C total dapat dilihat pada Tabel 5.32.

Contoh perhitungan intensitas hujan rencana pada saluran Pondok Nirwana adalah sebagai berikut:

Diketahui data saluran:

- Luas catchment area (A) = 0,328 km²
- Koefisien pengaliran (C) = 0,53
- Panjang saluran (L) = 732 m
- $V_{\text{asal}} = V_{\text{eks}} = 0,710 \text{ m/dt}$
- Menghitung waktu aliran permukaan (t_o)

$$t_o = 0,0195L^{0,77} S^{-0,385}$$

$$t_o = 0,0195 \times 732^{0,77} \times 0,00048^{-0,385} = 70 \text{ menit}$$
- Menghitung waktu aliran di saluran (t_s)

$$t_s = \frac{L}{v \times 60} = \frac{732}{0,710 \times 60} = 17 \text{ menit}$$
- Menghitung waktu konsentrasi (t_c)

$$t_c = t_o + t_s = 70 + 17 = 87 \text{ menit}$$
- Menghitung intensitas hujan rencana

Rumus intensitas hujan yang dipilih adalah Metode Talbot dengan PUH 5 tahun, menggunakan rumus:

$$I = \frac{9181,48}{t + 49,22}$$

Dengan $t_c = 87 \text{ menit}$,

$$\text{maka } I = \frac{9181,48}{87+49,22} = 67,40 \text{ mm/jam}$$

Hasil perhitungan intensitas hujan rencana dapat dilihat pada Tabel 5.33.

5.2.3. Analisis Debit Rencana

- Contoh perhitungan debit limpasan air hujan di saluran Pondok Nirwana (Q_1):

$$Q = \frac{1}{3,6} \times C \times I \times A$$

$$= \frac{1}{3,6} \times 0,53 \times 67,40 \text{ mm/jam} \times 0,328 \text{ km}^2$$

$$Q_1 = 3,25 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

- Contoh perhitungan debit air kotor penduduk di saluran Pondok Niwana (Q_2):

- Luas Kecamatan Rungkut = 21,08 km²
- Jumlah penduduk tahun 2013 = 110.479 jiwa
- Proyeksi Jumlah Penduduk tahun 2018 (metode Geometri)
 $P_n = P_o \times (1 + r)^{dn}$
 $P_n = 110.479 \times (1 + 1,5\%)^5$
 $= 119.017 \text{ jiwa}$
- Kebutuhan Air bersih = 200 liter/orang/hari
- Air yang dibuang
 $= (\text{Jumlah Penduduk} \times \text{Keb. Air Bersih})/86400$
 $= (119.017 \text{ jiwa} \times 200 \text{ lt/orang/hari})/86400$
 $= 275,50 \text{ lt/detik}$
 $= (70\% \times 275,50 \text{ lt/detik}) = 192 \text{ lt/detik}$
 $Q_2 = 0,192 \text{ m}^3/\text{detik}$

Hasil perhitungan debit rencana dapat dilihat pada Tabel 5.34.

5.2.4. Analisis Perbandingan Debit Rencana Dengan Debit Saluran Eksisting

Hasil dari perhitungan kapasitas saluran eksisting dan debit rencana, digunakan untuk menganalisis kemampuan saluran drainase mengalirkan debit rencana yang telah dihitung. Apabila nilai debit rencana lebih besar dari debit saluran eksisting, maka saluran tersebut dinyatakan sudah tidak mampu lagi untuk mengalirkan limpasan air atau tidak aman. Perhitungan perbandingan debit rencana dengan debit saluran eksisting tersebut dapat dilihat dari Tabel 5.35.

Tabel 5.31. Analisis Kapasitas Saluran Eksisting

No	Nama Saluran	L (m)	Tipe Konstruksi	Dimensi Saluran		S	n	A (m)	P (m)	R (m)	V (m/dtk)	Q (m ³ /dtk)
				B (m)	H (m)							
1	Saluran Kedungasem	1218,0	pas bt kali	2,45	1,45	0,00084	0,020	3,552	5,350	0,663	1,010	3,587
2	Saluran Pondok Nirwana	732,0	pas bt kali	2,00	1,10	0,00048	0,020	2,200	4,200	0,524	0,710	1,563
3	Saluran Penjaringan Sari	1145,0	pas bt kali	2,20	1,45	0,00080	0,020	3,190	5,100	0,620	1,028	3,279
4	Saluran Nirwana Ekskutf	338,0	pas bt kali	2,00	0,95	0,00115	0,020	1,900	3,900	0,487	1,051	1,997
5	Saluran Wonorejo Rungkut	171,0	pas bt kali	2,45	1,60	0,00022	0,020	3,920	5,650	0,690	0,779	3,053
6	Saluran Wonorejo Tambak	721,0	pas bt kali	2,00	1,00	0,00015	0,020	2,000	4,000	0,500	1,201	2,402

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Keterangan:

L: panjang saluran

B: lebar dasar saluran

S : kemiringan dasar saluran (slope)

R: jari-jari hidrolis

n: koefisien manning

P: keliling basah saluran

V: kecepatan aliran

H: kedalaman air di saluran

Q: kapasitas saluran

A: luas penampang basah

Tabel 5.32. Penentuan Nilai C

Tipe Daerah Aliran	% L	Koefisien Nilai C	C	C Total
Multiunit, terpisah	70%	0,5	0,35	0,53
Aspal, dan beton	20%	0,8	0,16	
Halaman/taman	10%	0,2	0,02	

Tabel 5.33. Analisis Intensitas Hujan Rencana

No	Nama Saluran	S (m)	L (m)	V (m/dtk)	To (menit)	Ts (menit)	Tc (menit)	I (mm/jam)
1	Saluran Kedungasem	0,00084	1218,0	1,010	71	20	91	65,94
2	Saluran Pondok Nirwana	0,00048	732,0	0,710	70	17	87	67,40
3	Saluran Penjaringan Sari	0,00080	1145,0	1,028	69	19	88	66,91
4	Saluran Nirwana Ekskutf	0,00115	338,0	1,051	23	5	28	118,90
5	Saluran Wonorejo Rungkut	0,00025	171,0	0,779	25	4	29	117,38
6	Saluran Wonorejo Tambak	0,00015	721,0	1,201	92	10	102	60,71

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Keterangan:

S : data kemiringan saluran

L : data panjang saluran

v : kecepatan aliran

Ts: perhitungan waktu aliran di saluran

Tc: perhitungan waktu konsentrasi

To: perhitungan waktu aliran permukaan

I : perhitungan intensitas hujan

Tabel 5.34. Analisis Debit Rencana

No.	Nama Saluran	A (km ²)	I (mm/jam)	C	Ts (menit)	Tc (menit)	Q ₁ (m ³ /dt)	Q ₂ (m ³ /dtk)	Q renc total
1	Saluran Kedungasem	0,454	65,94	0,53	19,177	90,077	4,407	0,179	4,586
2	Saluran Pondok Nirwana	0,328	67,40	0,53	17,176	76,616	3,254	0,192	3,442
3	Saluran Penjaringan Sari	0,684	66,91	0,53	19,417	88,107	6,737	0,213	6,950
4	Saluran Nirwana Ekskutf	0,230	118,90	0,53	5,358	28,713	4,026	0,163	4,189
5	Saluran Wonorejo Rungkut	0,189	117,38	0,53	1,604	12,299	3,266	0,391	3,657
6	Saluran Wonorejo Tambak	0,461	60,71	0,53	10,004	48,282	4,120	0,151	4,271

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

Keterangan:

A : luas tata guna lahan

I : intensitas hujan

T_c : perhitungan waktu konsentrasi

Q_{renc}: debit banjir rancangan

Ts: perhitungan waktu aliran di saluran

Q₂ : debit air kotor

Q₁ : debit air hujan

Tabel 5.35. Perhitungan Perbandingan Debit Rencana dengan Debit Saluran Eksisting

No	Nama Saluran	Debit Rencana (m ³ /detik)			Q Saluran Eksisting (m ³ /dtk)	Q Genangan (m ³ /dtk)	Kondisi Saluran
		Q Hujan (m ³ /dtk)	Q Limbah (m ³ /dtk)	Q Total (m ³ /dtk)			
1	Saluran Kedungasem	4,407	0,179	4,586	3,587	0,999	meluap
2	Saluran Pondok Nirwana	3,254	0,192	3,442	1,563	1,879	meluap
3	Saluran Penjaringan Sari	6,737	0,213	6,950	3,279	3,671	meluap
4	Saluran Nirwana Ekskutfif	4,026	0,163	4,189	1,997	2,192	meluap
5	Saluran Wonorejo Rungkut	3,266	0,391	3,657	3,053	0,604	meluap
6	Saluran Wonorejo Tambak	4,120	0,151	4,271	2,402	1,869	meluap

Sumber: Hasil Perbandingan, 2014

Hasil perhitungan pada Tabel 5.35. menunjukan saluran sekunder yang sudah tidak aman lagi atau sudah tidak mampu mengalirkan limpasan air. Hal ini menyebabkan terjadinya banjir ataupun genangan di daerah sekitar saluran tersebut pada saat musim hujan.

5.3. Penerapan Metode Sumur Resapan

Berdasarkan hasil analisis aspek teknis diatas, rekomendasi yang diusulkan untuk menangani genangan akibat kapasitas tampung saluran drainase yang tidak mencukupi adalah dengan penerapan Metode Sumur Resapan. Konsep awal sumur resapan yaitu sebagai pengganti tanah resapan air hujan yang mengalami perkerasan yang menyebabkan air hujan yang jatuh tidak dapat langsung meresap ke dalam tanah. Untuk mereduksi genangan penerapan sumur resapan di rencanakan di sekitar saluran drainase di wilayah yang masih termasuk dalam daerah tangkapan air saluran tersebut.

Konstruksi sumur resapan terdiri dari dua bagian yaitu bagian penampungan air dan bagian media penyaring yang terdiri dari batu koral dan ijuk. Total tebal lapisan pada media penyaring tersebut adalah 40 cm. Sedangkan dinding sumur resapan tersebut direncanakan terbuat dari beton sebagai penyangga agar tanah tidak tergerus air. Sumur resapan berbentuk persegi dengan luas sisi 2 x 2 m dan kedalaman 1 m. Sedangkan diatas

sumur diberi tutup yang terbuat dari plat beton setebal 10 cm yang diberi celah sebagai jalan masuknya air ke dalam sumur resapan.

Dalam penerapan metode Sumur Resapan perlu diketahui jenis tanah dan permeabilitas tanah dari wilayah yang tergenang. Jenis dan permeabilitas tanah dapat dilihat pada Tabel 5.36.

Tabel 5.36. Jenis Tanah dan Permeabilitas Tanah Kawasan Rungkut

No	Wilayah	Jenis Tanah	Permeabilitas Tanah (cm/s)
1	Pondok Nirwana	Lempung, abu-abu terang	$6,38 \times 10^{-8}$
2	Nirwana Ekskutif	Lempung, abu-abu terang	$6,38 \times 10^{-8}$
3	Kedung Asem	Lempung, abu-abu terang	$6,08 \times 10^{-8}$
4	Penjaringan Sari	Lempung, abu-abu terang	$6,38 \times 10^{-8}$
5	Wonorejo Rungkut	Lempung, abu-abu terang	$5,32 \times 10^{-8}$
6	Wonorejo Tambak	Lempung, abu-abu terang	$5,32 \times 10^{-8}$

Sumber: Laboratorium Mekanika Tanah, Teknik Sipil FTSP – ITS

Contoh perhitungan sumur resapan adalah:

Saluran Pondok Nirwana

- Besarnya debit rencana (Qrenc) = 3,442 m³/s
- Besarnya debit kapasitas saluran eksisting = 1,563 m³/s
- Debit genangan yang terjadi (Qgenangan) = 1,879 m³/s

Dimensi sumur resapan (tipikal):

- Luas sumur = 2 x 2 = 4 m²
- Kedalaman air di sumur (H) = 1 m
- Koefisien permeabilitas tanah (k) = 6,38x10⁻⁸ cm/s
= 6,38x10⁻¹⁰ m/s
- Durasi hujan = 2 jam = 7200 s

$$\circ R = \frac{A}{P} = \frac{4}{8} = 0,5 \text{ m}$$

$$\circ Qo = \frac{2\pi LKH}{\ln\left[\frac{L}{R} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{R}\right)^2}\right]} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 0,000000000638 \cdot 1}{\ln\left[\frac{1}{0,5} + \sqrt{1 + \left(\frac{1}{0,5}\right)^2}\right]}$$

$$= 4,094 \times 10^{-9}$$

$$\circ \text{Faktor Geometri (F)} = \frac{Qo}{K.H} = \frac{0,000000004094}{0,000000000638 \cdot 1} = 6,416 \text{ m}$$

$$\circ Q = \frac{H.F.k}{\left[1 - e^{-\left(\frac{F.K.T}{Luas \square}\right)}\right]} = \frac{1 \times 6,416 \times 0,000000000638 \text{ cm/s}}{1 - \exp\left[\frac{6,416 \times 0,000000000638 \times 7200}{2 \times 2}\right]} =$$

$$= 4,4 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} = 0,044 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\circ \text{Jumlah sumur resapan} = \frac{Q \text{ Genangan}}{Q \text{ Sumur resapan}}$$

$$= \frac{1,879 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,044 \text{ m}^3/\text{detik}}$$

$$= 42,70$$

$$= 43 \text{ unit sumur resapan}$$

$$\circ \text{Kapasitas maksimum di saluran} = 1,90 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Saluran Nirwana Ekskutif

- Besarnya debit rencana (Qrenc) = 4,189 m³/s
- Besarnya debit kapasitas saluran eksisting = 1,997 m³/s
- Debit genangan yang terjadi (Qgenangan) = 2,192 m³/s

Dimensi sumur resapan (tipikal):

- Luas sumur = 2 x 2 = 4 m²
- Kedalaman air di sumur (H) = 1 m
- Koefisien permeabilitas tanah (k) = 6,38x10⁻⁸ cm/s
= 6,38x10⁻¹⁰ m/s
- Durasi hujan = 2 jam = 7200 s

$$\text{○ } R = \frac{A}{P} = \frac{4}{8} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{○ } Q_o = \frac{2\pi LKH}{\ln\left[\frac{L}{R} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{R}\right)^2}\right]} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 0,000000000638 \cdot 1}{\ln\left[\frac{1}{0,5} + \sqrt{1 + \left(\frac{1}{0,5}\right)^2}\right]}$$

$$= 4,094 \times 10^{-9}$$

$$\text{○ } \text{Faktor Geometri (F)} = \frac{Q_o}{K.H} = \frac{0,000000004094}{0,000000000638 \cdot 1} = 6,416 \text{ m}$$

$$\text{○ } Q = \frac{H.F.k}{\left[1 - e^{-\left(\frac{F.K.T}{Luas}\right)}\right]} = \frac{1 \times 6,416 \times 0,000000000638 \text{ cm/s}}{1 - \exp\left[\frac{6,416 \times 0,000000000638 \times 7200}{2 \times 2}\right]} =$$

$$= 4,4 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} = 0,044 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{○ } \text{Jumlah sumur resapan} = \frac{Q \text{ Genangan}}{Q \text{ Sumur resapan}}$$

$$= \frac{2,192 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,044 \text{ m}^3/\text{detik}}$$

$$= 49,818$$

$$= 50 \text{ unit sumur resapan}$$

$$\text{○ } \text{Kapasitas maksimum di saluran} = 2,2 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Saluran Kedung Asem

- Besarnya debit rencana (Qrenc) = 4,586 m³/s
- Besarnya debit kapasitas saluran eksisting = 3,587 m³/s
- Debit genangan yang terjadi (Qgenangan) = 0,999 m³/s

Dimensi sumur resapan (tipikal):

- Luas sumur = 2 x 2 = 4 m²
- Kedalaman air di sumur (H) = 1 m
- Koefisien permeabilitas tanah (k) = 6,08 x 10⁻⁸ cm/s
= 6,08 x 10⁻¹⁰ m/s
- Durasi hujan = 2 jam = 7200 s

$$○ R = \frac{A}{P} = \frac{4}{8} = 0,5 \text{ m}$$

$$○ Qo = \frac{2\pi LKH}{\ln\left[\frac{L}{R} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{R}\right)^2}\right]} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 0,000000000608 \cdot 1}{\ln\left[\frac{1}{0,5} + \sqrt{1 + \left(\frac{1}{0,5}\right)^2}\right]}$$

$$= 4,074 \times 10^{-9}$$

$$○ \text{Faktor Geometri (F)} = \frac{Qo}{K.H} = \frac{0,000000004074}{0,000000000608 \cdot 1} = 6,70 \text{ m}$$

$$○ Q = \frac{H.F.k}{\left[1 - e^{-\left(\frac{F.K.T}{Luas \square}\right)}\right]} = \frac{1 \times 6,70 \times 0,000000000608 \text{ cm/s}}{1 - \exp\left[\frac{6,70 \times 0,000000000608 \times 7200}{2 \times 2}\right]} =$$

$$= 3,9 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} = 0,039 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$○ \text{Jumlah sumur resapan} = \frac{Q \text{ Genangan}}{Q \text{ Sumur resapan}}$$

$$= \frac{0,999 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,039 \text{ m}^3/\text{detik}}$$

$$= 25,6$$

$$= 27 \text{ unit sumur resapan}$$

$$○ \text{Kapasitas maksimum di saluran} = 1,053 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Saluran Penjaringan Sari

- Besarnya debit rencana (Qrenc) = 6,950 m³/s
- Besarnya debit kapasitas saluran eksisting = 3,279 m³/s
- Debit genangan yang terjadi (Qgenangan) = 3,671 m³/s

Dimensi sumur resapan (tipikal):

- Luas sumur = 2 x 2 = 4 m²
- Kedalaman air di sumur (H) = 1 m
- Koefisien permeabilitas tanah (k) = 6,38 x 10⁻⁸ cm/s
= 6,38 x 10⁻¹⁰ m/s
- Durasi hujan = 2 jam = 7200 s

$$\text{○ } R = \frac{A}{P} = \frac{4}{8} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{○ } Q_0 = \frac{2\pi LKH}{\ln\left[\frac{L}{R} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{R}\right)^2}\right]} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 0,000000000638 \cdot 1}{\ln\left[\frac{1}{0,5} + \sqrt{1 + \left(\frac{1}{0,5}\right)^2}\right]}$$

$$= 4,094 \times 10^{-9}$$

$$\text{○ } \text{Faktor Geometri (F)} = \frac{Q_0}{K.H} = \frac{0,000000004094}{0,000000000638 \cdot 1} = 6,416 \text{ m}$$

$$\text{○ } Q = \frac{H.F.k}{\left[1 - e^{-\left(\frac{F.K.T}{Luas}\right)}\right]} = \frac{1 \times 6,416 \times 0,000000000638 \text{ cm/s}}{1 - \exp\left[\frac{6,416 \times 0,000000000638 \times 7200}{2 \times 2}\right]} =$$

$$= 4,4 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} = 0,044 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- Jumlah sumur resapan = $\frac{Q \text{ Genangan}}{Q \text{ Sumur resapan}}$

$$= \frac{3,671 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,044 \text{ m}^3/\text{detik}}$$

$$= 83,43$$

$$= 84 \text{ unit sumur resapan}$$
- Kapasitas maksimum di saluran = 3,7 m³/detik

Saluran Wonorejo Rungkut

- Besarnya debit rencana (Qrenc) = 3,657 m³/s
- Besarnya debit kapasitas saluran eksisting = 3,053 m³/s
- Debit genangan yang terjadi (Qgenangan) = 0,604 m³/s

Dimensi sumur resapan (tipikal):

- Luas sumur = 2 x 2 = 4 m²
- Kedalaman air di sumur (H) = 1 m
- Koefisien permeabilitas tanah (k) = 5,32 x 10⁻⁸ cm/s
= 5,32 x 10⁻¹⁰ m/s
- Durasi hujan = 2 jam = 7200 s

$$\text{○ } R = \frac{A}{P} = \frac{4}{8} = 0,5 \text{ m}$$

$$\text{○ } Q_0 = \frac{2\pi LKH}{\ln\left[\frac{L}{R} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{R}\right)^2}\right]} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 0,000000000532 \cdot 1}{\ln\left[\frac{1}{0,5} + \sqrt{1 + \left(\frac{1}{0,5}\right)^2}\right]}$$

$$= 3,090 \times 10^{-9}$$

$$\text{○ } \text{Faktor Geometri (F)} = \frac{Q_0}{K.H} = \frac{0,000000003090}{0,000000000532 \cdot 1} = 5,808 \text{ m}$$

$$\text{○ } Q = \frac{H.F.k}{\left[1 - e^{-\left(\frac{F.K.T}{Luas \square}\right)}\right]} = \frac{1 \times 5,808 \times 0,000000000532 \text{ cm/s}}{1 - \exp\left[\frac{5,808 \times 0,000000000532 \times 7200}{2 \times 2}\right]} =$$

$$= 3,2 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} = 0,032 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- Jumlah sumur resapan = $\frac{Q \text{ Genangan}}{Q \text{ Sumur resapan}}$

$$= \frac{0,604 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,032 \text{ m}^3/\text{detik}}$$

$$= 18,87$$

$$= 19 \text{ unit sumur resapan}$$
- Kapasitas maksimum di saluran = 0,608 m³/detik

Saluran Wonorejo Tambak

- o Besarnya debit rencana (Qrenc) = 4,271 m³/s
- o Besarnya debit kapasitas saluran eksisting = 2,402 m³/s
- o Debit genangan yang terjadi (Qgenangan) = 1,869 m³/s

Dimensi sumur resapan (tipikal):

- o Luas sumur = 2 x 2 = 4 m²
- o Kedalaman air di sumur (H) = 1 m
- o Koefisien permeabilitas tanah (k) = 5,32 x 10⁻⁸ cm/s
= 5,32 x 10⁻¹⁰ m/s
- o Durasi hujan = 2 jam = 7200 s

$$o \quad R = \frac{A}{P} = \frac{4}{8} = 0,5 \text{ m}$$

$$o \quad Q_o = \frac{2\pi LKH}{\ln\left[\frac{L}{R} + \sqrt{1 + \left(\frac{L}{R}\right)^2}\right]} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1,2 \cdot 0,000000000532 \cdot 1}{\ln\left[\frac{1}{0,5} + \sqrt{1 + \left(\frac{1}{0,5}\right)^2}\right]}$$

$$= 3,090 \times 10^{-9}$$

$$o \quad \text{Faktor Geometri (F)} = \frac{Q_o}{K.H} = \frac{0,0000000003090}{0,000000000532 \cdot 1} = 5,808 \text{ m}$$

$$o \quad Q = \frac{\frac{H.F.k}{\left[1 - e^{-\left(\frac{F.K.T}{Luas}\right)}\right]}}{1 - \exp\left[\frac{5,808 \times 0,000000000532 \times 7200}{2 \times 2}\right]} =$$

$$= 3,2 \times 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} = 0,032 \text{ m}^3/\text{detik}$$

- o Jumlah sumur resapan = $\frac{Q \text{ Genangan}}{Q \text{ Sumur resapan}}$

$$= \frac{1,869 \text{ m}^3/\text{detik}}{0,032 \text{ m}^3/\text{detik}}$$

$$= 58,40$$

$$= 59 \text{ unit sumur resapan}$$
- o Kapasitas maksimum di saluran = 1,888 m³/detik

Analisis jumlah sumur resapan di wilayah Rungkut dapat dilihat pada Tabel 5.37. Untuk rencana detail konstruksi sumur resapan disajikan dalam Tabel 5.31., 5.33., 5.34., dan 5.35.

Berdasarkan hasil penanganan genangan/banjir dengan penerapan sumur resapan di wilayah Rungkut, penerapan drainase sumur resapan mampu meresapkan debit genangan 100% dengan debit genangan sebesar 11,205 m³/detik dengan total jumlah sumur sebanyak 282 buah sumur resapan. Contoh desain sumur resapan dapat dilihat pada Gambar 5.10. dan 5. 11.

“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

Tabel 5.37. Analisis Jumlah Sumur Resapan Di Kecamatan Rungkut

Nama Saluran	L (m)	I (mm/jam)	Q ranc (m ³ /detik)	Q Sal (m ³ /detik)	Q Genangan (m ³ /detik)	Dimensi Sumur				
						L (m ²)	H (m)	Kap (m ³ /detik)	Jumlah (buah)	Kap. Max (m ³ /detik)
Saluran Kedungasem	1218,0	65,94	4,586	3,587	0,999	4	1	0,039	27	1,053
Saluran Pondok Nirwana	732,0	67,40	3,442	1,563	1,879	4	1	0,044	43	1,90
Saluran Penjaringan Sari	1145,0	66,91	6,950	3,279	3,671	4	1	0,044	84	3,7
Saluran Nirwana Ekskutif	338,0	118,90	4,189	1,997	2,192	4	1	0,044	50	2,2
Saluran Wonorejo Rungkut	171,0	117,38	3,657	3,053	0,604	4	1	0,032	19	0,608
Saluran Wonorejo Tambak	721,0	60,71	4,271	2,402	1,869	4	1	0,032	59	1,888
Jumlah					11,205				282	

Sumber: Hasil Perhitungan, 2014

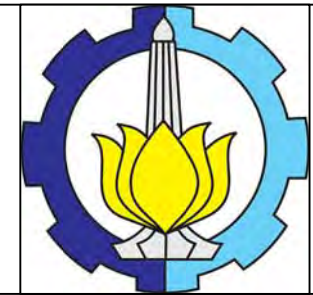
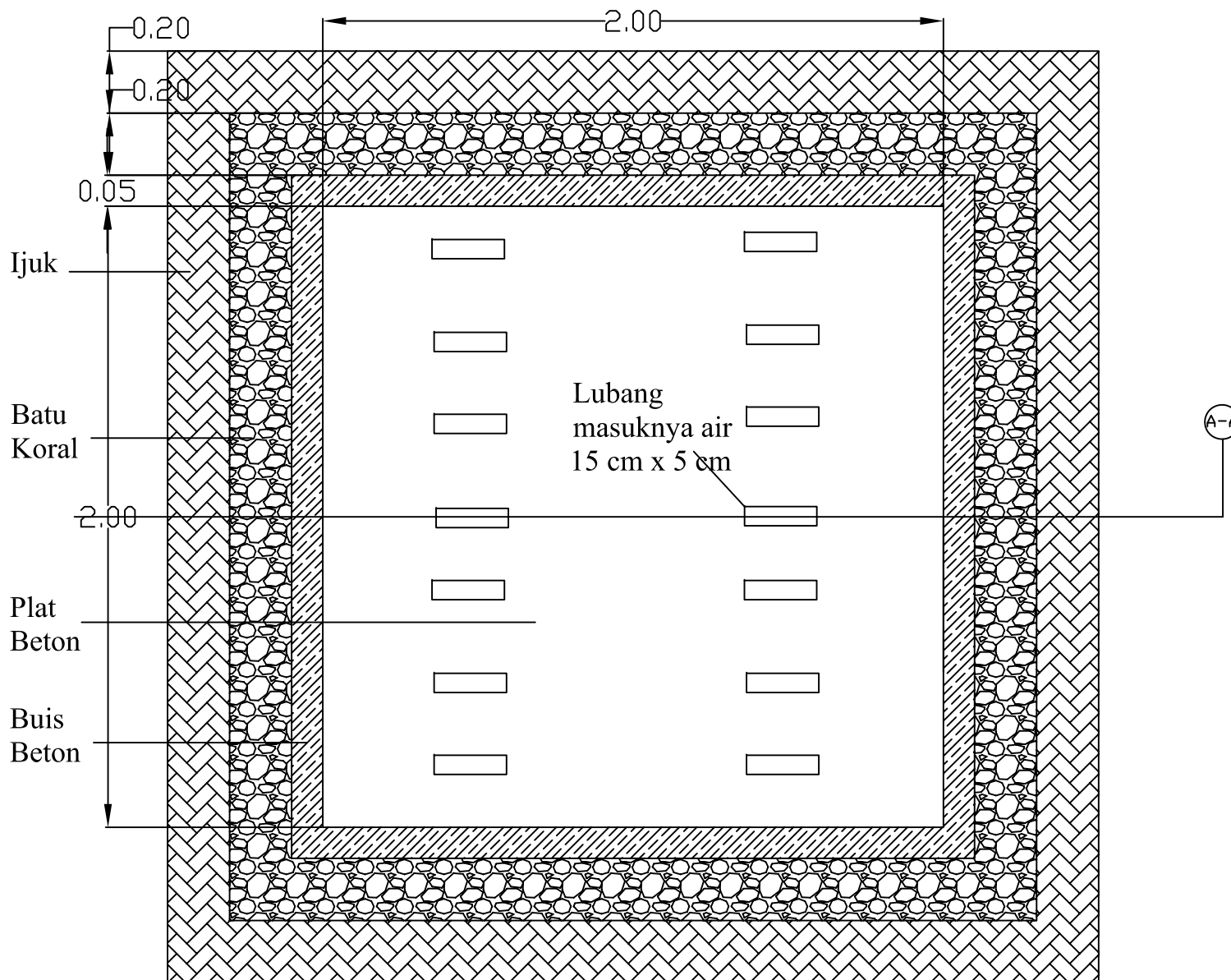
Keterangan:

Q ranc : debit rancangan tiap saluran
 Q Sal : kapasitas maksimum saluran
 Q genangan : debit genangan yang ditimbulkan
 L : data panjang saluran

Kap : kapasitas 1 buah sumur resapan
 Kap. Max : kapasitas maksimal sumur resapan
 H : tinggi air di sumur resapan
 I : perhitungan intensitas hujan



“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”



PERENCANAAN PENERAPAN SISTEM DRAINASE
BERWAWASAN LINGKUNGAN (EKO-DRAINASE)
MENGGUNAKAN SUMUR RESAPAN DI KAWASAN
RUNGKUT

JUDUL GAMBAR

RENCANA DESAIN KONSTRUKSI
SUMUR RESAPAN
TAMPAK ATAS (DENA)

NAMA MAHASISWA



DEA NATHISA MULIAWATI

3310100005

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.Eng., PhD.

LEGENDA

-  **Beton**
-  **Batu Koral**
-  **Ijuk**

SKALA

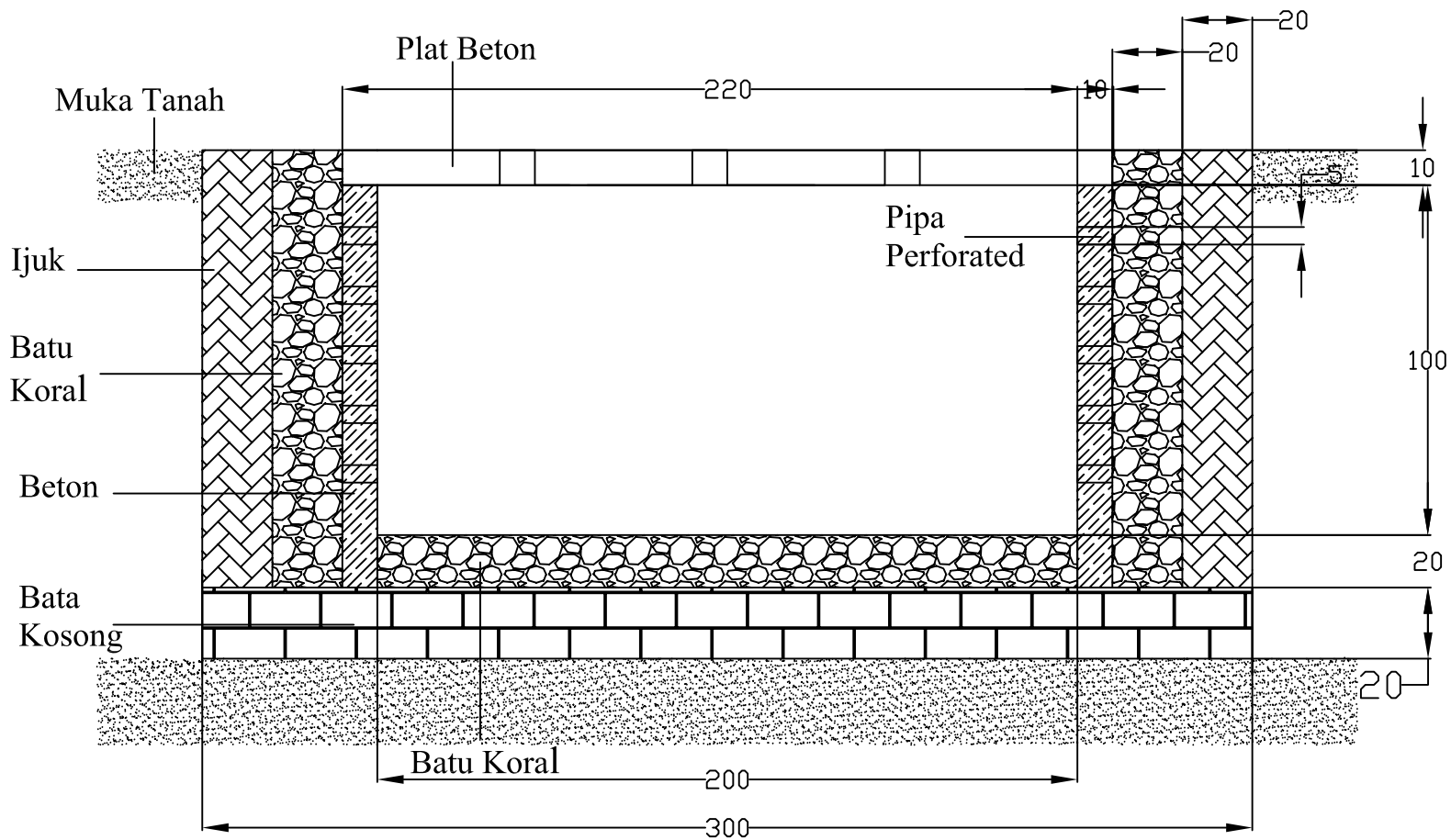
1 : 20

NO. GAMBAR

5.10.

HALAMAN

95



PERENCANAAN PENERAPAN SISTEM DRAINASE
BERWAWASAN LINGKUNGAN (EKO-DRAINASE)
MENGUNAKAN SUMUR RESAPAN DI KAWASAN
RUNGKUT

JUDUL GAMBAR

RENCANA DESAIN KONSTRUKSI
SUMUR RESAPAN
POTONGAN A - A

NAMA MAHASISWA

DEA NATHISA MULIAWATI

3310100005

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.Eng., PhD.

LEGENDA

-  **Beton**
-  **Batu Koral**
-  **Ijuk**
-  **Bata Kosong**

SKALA

1 : 20

NO. GAMBAR

5.11.

HALAMAN

96

Berikut adalah bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan sumur resapan:



Batu Koral



Bata Merah



Ijuk



Pipa Perforated Ø5cm



Plat Beton



Beton

5.4. Bill Of Quantity (BOQ) dan Rencana Anggaran Biaya (RAB) Sumur Resapan

Tahapan akhir dari kajian ini adalah melakukan perhitungan jenis dan jumlah material yang diperlukan untuk pemasangan sistem di lapangan (rumah). Perhitungan jenis dan jumlah material didasarkan pada perencanaan yang telah dilakukan sebelumnya.

5.4.1. Bill of Quantity (BOQ)

Bill of Quantity ini dibuat dengan tujuan untuk mengetahui jumlah peralatan yang dibutuhkan dalam perencanaan pembuatan sistem penampung air hujan sehingga dapat mempermudah dalam menghitung dan merencanakan biayanya. Perhitungan secara detail dapat dilihat pada Tabel 3.39.

Tabel 5.39. Bill Of Quantity (BOQ) Sumur Resapan

Pekerjaan Beton		Volume	Total Volume
Plat Beton	2,2 m x 2,2 m x 0,1 m	0,22 m ³	0,22 m ³
Dinding Beton (bekesting + 150 kg besi)	4 x (2 m x 1,2 m x 0,1 m)	0,96 m ³	0,96 m ³
Pekerjaan Media		Volume	Total Volume
Koral (Dinding)	4 x (1,2 m x 0,2 m x 2,2 m)	2,1 m ³	2,9 m ³
Koral (Dasar)	2 m x 2 m x 0,2 m	0,8 m ³	
Ijuk	4 x (1,2 m x 0,2 m x 2,6 m)	2,4 m ³	2,4 m ³
Pasangan Bata Kosong	3 m x 3 m x 0,2 m	1,8 m ³	1,8 m ³
Pekerjaan Galian		Volume	Total Volume
Galian Tanah	3 m x 3 m x 1,25 m	11,25 m ³	11,25 m ³
Pengembalian Tanah	3 m x 3 m x 1,25m	11,25 m ³	11,25 m ³

Sumber: Hasil Perhitungan 2014

5.4.2. Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Rencana Anggaran Biaya (RAB) 1 buah sumur resapan yang dibuat secara tipikal adalah sebesar Rp 6.700.000,00. Perhitungan secara detail dapat dilihat pada Tabel 5.40.

Tabel 5.40. Rencana Anggaran Biaya (RAB) Sumur Resapan

No	Uraian Pekerjaan	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rp)	Jumlah Harga (Rp)
I	Pekerjaan Beton				
I.1	Plat Beton	m ³	2,200	760.000,00	1.672.000,00
I.2	Pekerjaan Dinding Beton Bertulang	m ³	0,96	4.750.000,00	4.560.000,00
II	Pekerjaan Tanah				
II.1	Galian Tanah Sumur	m ³	11,25	55.500,00	624.000,00
III	Pekerjaan Sumur Resapan				
III.1	Pasangan Batu Kosong	m ³	1,8	250.000,00	450.000,00
III.4	Pemasangan Batu Koral	m ³	2,90	172.000,00	498.000,00
III.5	Pemasangan Ijuk	m ²	2,4	48.000,00	115.000,00
Total (I + II + III)					6.243.400,00
PPN (10%)					624.340,00
Total Pembulatan					6.700.000,00

Sumber: Hasil Perhitungan 2014

“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

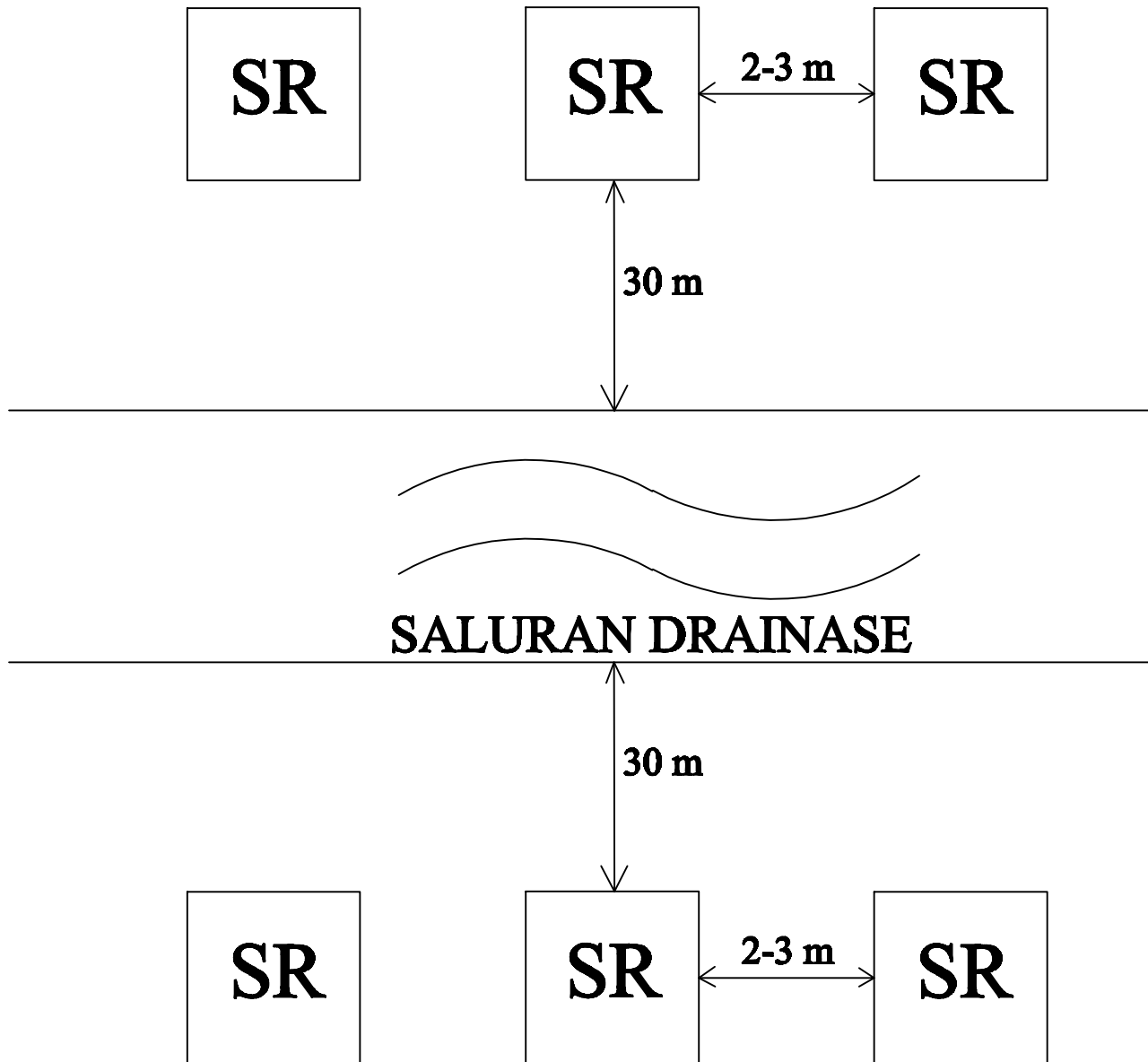
Berdasarkan hasil perencanaan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Total debit genangan yang terjadi pada 6 saluran yang meluap di Kawasan Rungkut adalah sebesar 11,205 m³/detik
2. Alternatif yang digunakan adalah sistem drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) menggunakan sumur resapan. Dimensi sumur resapan direncanakan secara tipikal dengan kedalaman air di sumur 1 m, dengan luas sumur 4 m²
3. Kapasitas yang dapat ditampung oleh masing-masing sumur resapan adalah:
 - Sumur resapan saluran Kedung Asem : 0,038 m³/detik
 - Sumur resapan saluran Pondok Nirwana : 0,044 m³/detik
 - Sumur resapan saluran Penjaringan Sari : 0,044 m³/detik
 - Sumur resapan saluran Nirwana Ekskutif : 0,044 m³/detik
 - Sumur resapan saluran Wonorejo Rungkut : 0,032 m³/detik
 - Sumur resapan saluran Wonorejo Tambak : 0,032 m³/detik
4. Sumur resapan yang dibutuhkan adalah sebanyak:
 - Saluran Kedung Asem : 27 unit sumur resapan
 - Saluran Pondok Nirwana : 43 unit sumur resapan
 - Saluran Penjaringan Sari : 84 unit sumur resapan
 - Saluran Nirwana Ekskutif : 50 unit sumur resapan
 - Saluran Wonorejo Rungkut : 19 unit sumur resapan
 - Saluran Wonorejo Tambak : 59 unit sumur resapan

sehingga dibutuhkan sebanyak 282 buah sumur resapan untuk mengurangi genangan yang terjadi di Kawasan Rungkut.

6.2. Saran

Perubahan konsep drainase konvensional menjadi drainase berwawasan lingkungan (eko-drainase) sangat penting untuk pelestarian lingkungan serta konservasi terhadap keberadaan terhadap air tanah. Maka dari itu penulis mengharapkan kepada instansi pemerintah yang berkepentingan terkait untuk mempertimbangkan perubahan konsep tersebut dalam perencanaan Masterplan drainase Kota Surabaya khususnya wilayah Rungkut serta dalam penyusunan PERDA mengenai penggunaan sumur resapan bertujuan untuk konservasi air tanah



**PERENCANAAN PENERAPAN SISTEM DRAINASE
BERWAWASAN LINGKUNGAN (EKO-DRAINASE)
MENGUNAKAN SUMUR RESAPAN DI KAWASAN
RUNGKUT**

JUDUL GAMBAR

GAMBAR JARAK SUMUR RESAPAN

NAMA MAHASISWA

DEA NATHISA MULIAWATI

3310100005

DOSEN PEMBIMBING

Ir. Mas Agus Mardiyanto, M.E., PhD.

LEGENDA

SKALA

NO. GAMBAR

HALAMAN

Pekerjaan Dinding Beton Bertulang (150 kg + bekisting)					
No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koefisien	H. Satuan (Rp)	Harga (Rp)
1	2	3	4		6 = 4 x 5
1	Semen PC (Portland Cement) 50 Kg	Zak	6,72	60.000,00	403.200,00
2	Pasir cor/beton	m ³	0,54	95.000,00	51.300,00
3	Batu pecah mesin 1/2 cm	m ³	0,81	247.500,00	200.475,00
4	Besi beton polos Dim. 6 - 22m, Pj 12 m	Kg	157,50	5.000,00	787.500,00
5	Minyak Bekisting	liter	1,60	15.000,00	24.000,00
6	Paku	Kg	3,20	15.000,00	48.000,00
7	Plywood 9 mm	lembar	2,80	130.000,00	364.000,00
8	Kayu Bekisting	m ³	0,24	1.500.000,00	360.000,00
9	Mandor	Org/hr	0,27	120.000,00	32.400,00
10	Tukang Batu	Org/hr	1,05	80.000,00	84.000,00
11	Tukang Besi	Org/hr	0,28	100.000,00	28.000,00
12	Tukang Kayu	Org/hr	1,30	100.000,00	130.000,00
13	Pekerja/buruh terampil	Org/hr	5,30	70.000,00	37.100,00
Harga Satuan Pekerjaan					4.741.775,00
Harga Satuan Setelah Dibulatkan					4.750.000,00

Galian Tanah Biasa sedalam 1 m					
No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koefisien	H. Satuan (Rp)	Harga (Rp)
1	2	3	4		6 = 4 x 5
1	Mandor	Org/hr	0,0250	120.000,00	3.000,00
2	Pekerja/Buruh Tak Terampil	Org/hr	0,7500	70.000,00	52.500,00
Harga Satuan Pekerjaan					55.500,00
Harga Satuan Setelah Dibulatkan					55.500,00

Pasang Pondasi Batu Kosong (Batu Bata)					
No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koefisien	H. Satuan (Rp)	Harga (Rp)
1	2	3	4		6 = 4 x 5
1	Mandor	Org/hr	0,0390	120.000,00	4.680,00
2	Kepala Tukang Batu	Org/hr	0,0390	100.000,00	3.900,00
3	Tukang Batu	Org/hr	0,3900	80.000,00	31.200,00
4	Pekerja/Buruh Tak Terampil	Org/hr	0,7800	70.000,00	54.600,00
5	Bata merah	buah	140	800,00	112.000,00
6	Pasir Urug	m ³	0,4320	90.000,00	38.880,00
Harga Satuan Pekerjaan					245.260,00
Harga Satuan Setelah Dibulatkan					250.000,00

Pekerjaan 1 m ² lapisan ijuk tebal 20cm					
No	Uraian Kegiatan	Satuan	Koefisien	H. Satuan (Rp)	Harga (Rp)
1	2	3	4		6 = 4 x 5
1	Mandor	Org/hr	0,0100	120.000,00	1.200,00
2	Pekerja/Buruh Terampil	Org/hr	0,1000	70.000,00	7.000,00
3	Ijuk	m ³	2,4000	6.500,00	39.480,00
Harga Satuan Pekerjaan					47.680,00
Harga Satuan Setelah Dibulatkan					48.000,00



CONSOLIDATION TEST

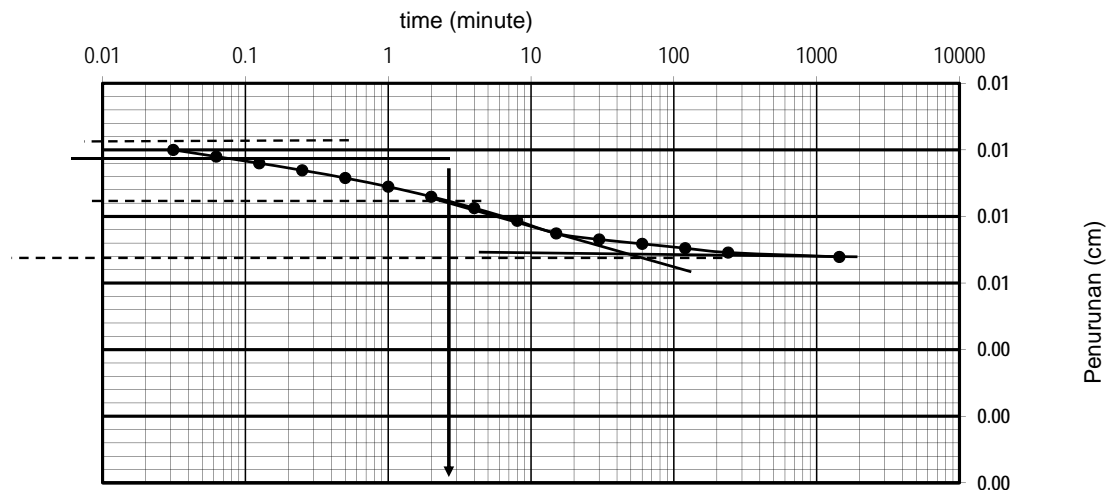
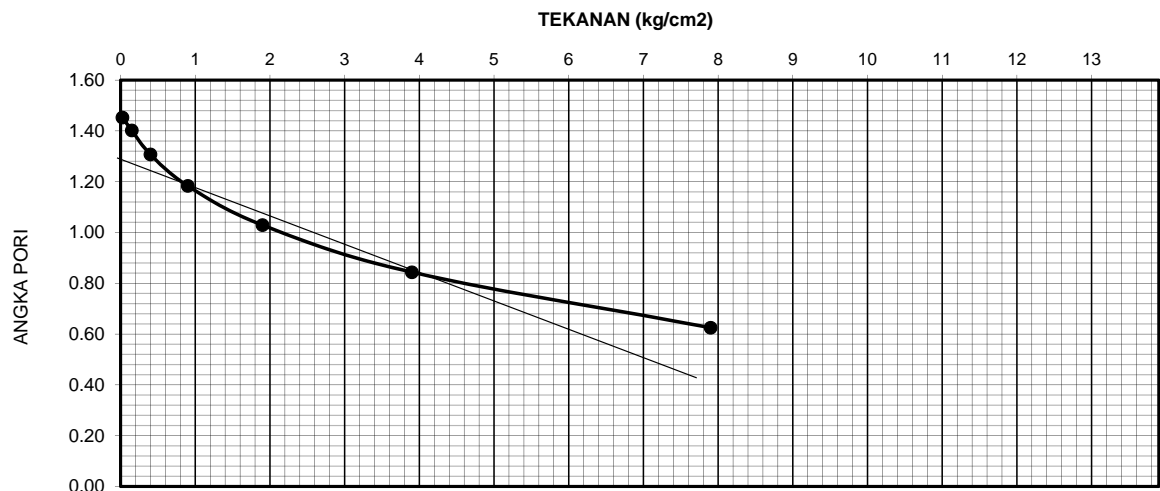
KLIEN : DEA NATHISA MULIAWATI
PROYEK : PENJARINGAN SARI
LOKASI : KALIRUNGKUT
QUARRY : -
Jenis materi : lempung, abu-abu terang

Tanggaldi uji : 04 Juli 2014
Diuji oleh : Umar Cs
Diperiksa oleh : Ir. Gani MT

Sample No. : 1

Tinggi Contoh	h_o	=	2.00	cm
Tinggi Solid	h_s	=	0.758	cm
Tinggi rongga	h_v	=	1.242	cm
Diameter	ϕ	=	6.50	cm
Area	A_o	=	33.17	cm ²
Volume total	V_t	=	66.33	cm ³
Berat sampel	W_t	=	105.80	gr
Berat butir	W_s	=	67.106	gr
Kadar air	W_c	=	57.66	%

Berat Volume Basah	γ	=	1.595	gr/cc
Spesific Gravity	G_s	=	2.669	
Angka Pori	e	=	1.539	
Berat Volume Jenuh	γ_{sat}	=	1.657	gr/cc
Berat Volume efektif	γ'	=	0.657	gr/cc
Tekanan overburden	P_o	=	0.066	kg/cm ²
Tekanan Prakonsolidasi	P_p	=		kg/cm ²
Koefisien konsolidasi,	$C_v(t_{50})$	=	1.173E-03	cm ² /dtk
Koefisien permeability	k	=	6.38E-08	cm/det





CONSOLIDATION TEST

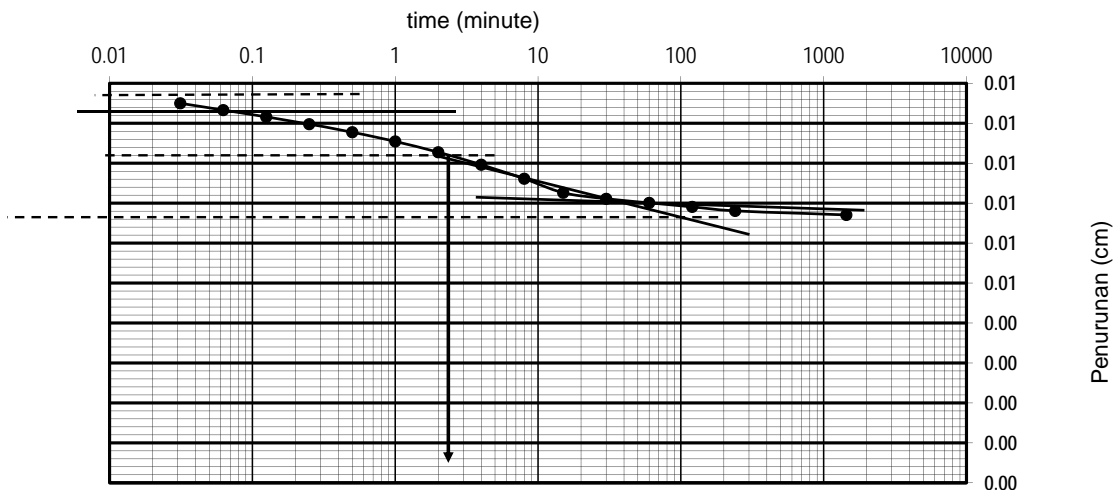
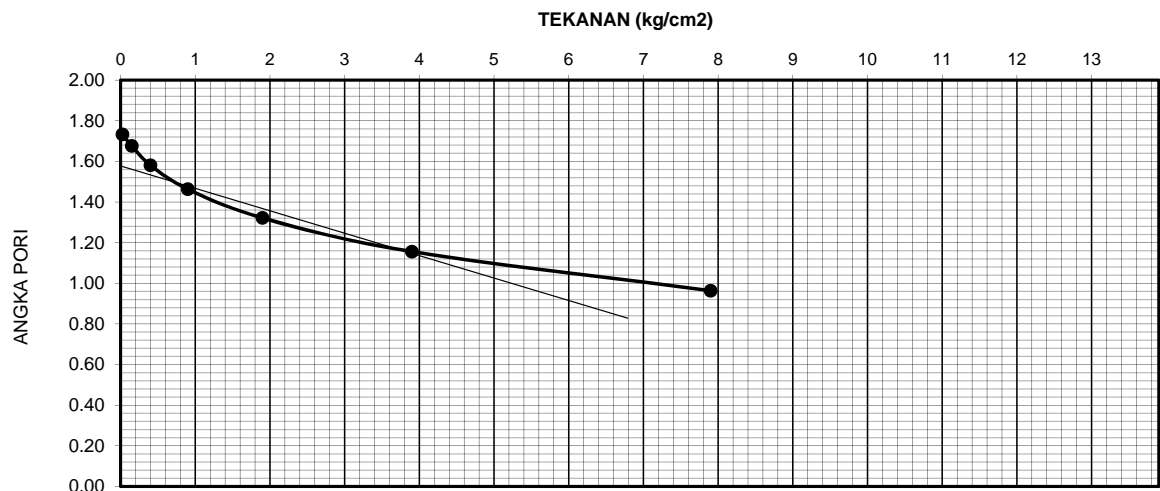
KLIEN : DEA NATHISA MULIAWATI
PROYEK : PENELITIAN (TUGAS AKHIR)
LOKASI : MEDOKAN AYU
QUARRY : -
Jenis materi : lempung, abu-abu terang

Tanggaldi uji : 04 Juli 2014
Diuji oleh : Umar Cs
Diperiksa oleh : Ir. Gani MT

Sample No. : 1

Tinggi Contoh	h_o	=	2.00	cm
Tinggi Solid	h_s	=	0.696	cm
Tinggi rongga	h_v	=	1.304	cm
Diameter	ϕ	=	6.50	cm
Area	A_o	=	33.17	cm ²
Volume total	V_t	=	66.33	cm ³
Berat sampel	W_t	=	104.34	gr
Berat butir	W_s	=	62.101	gr
Kadar air	W_c	=	68.02	%

Berat Volume Basah	γ	=	1.573	gr/cc
Spesific Gravity	G_s	=	2.689	
Angka Pori	e	=	1.829	
Berat Volume Jenuh	γ_{sat}	=	1.597	gr/cc
Berat Volume efektif	γ'	=	0.597	gr/cc
Tekanan overburden	P_o	=	0.060	kg/cm ²
Tekanan Prakonsolidasi	P_p	=		kg/cm ²
Koefisien konsolidasi,	$C_v(t_{50})$	=	1.368E-03	cm ² /dtk
Koefisien permeability	k	=	6.08E-08	cm/det





CONSOLIDATION TEST

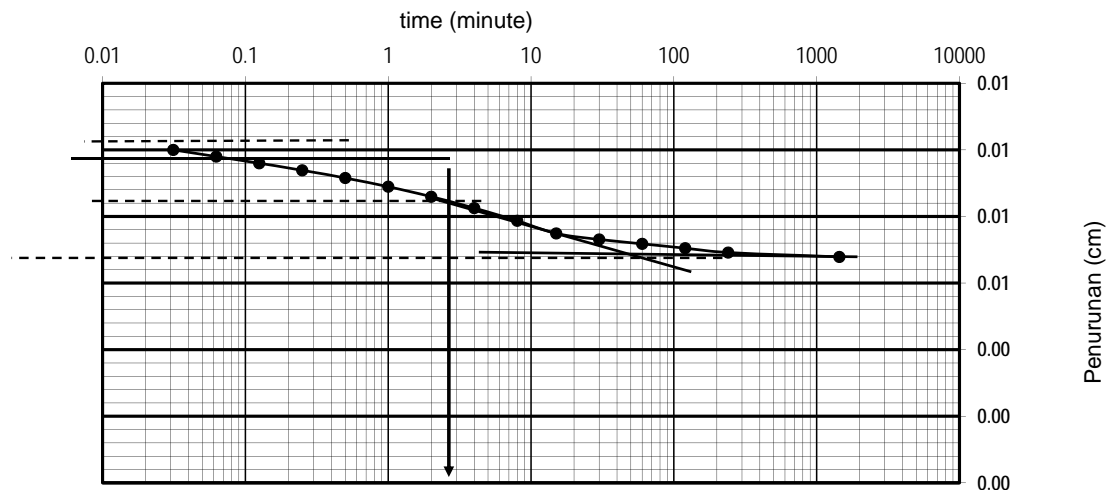
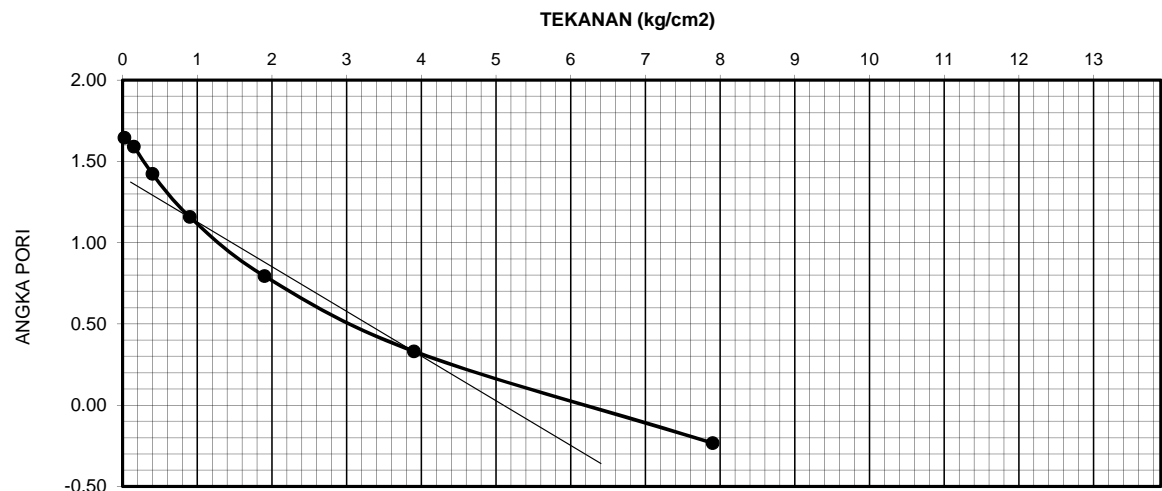
KLIEN : DEA NATHISA MULIAWATI
PROYEK : PENELITIAN (TUGAS AKHIR)
LOKASI : PENJARINGAN SARI
QUARRY : -
Jenis materi : lempung, abu-abu terang

Tanggaldi uji : 04 Juli 2014
Diuji oleh : Umar Cs
Diperiksa oleh : Ir. Gani MT

Sample No. : 1

Tinggi Contoh	h_o	=	2.00	cm
Tinggi Solid	h_s	=	0.707	cm
Tinggi rongga	h_v	=	1.293	cm
Diameter	ϕ	=	6.50	cm
Area	A_o	=	33.17	cm ²
Volume total	V_t	=	66.33	cm ³
Berat sampel	W_t	=	102.28	gr
Berat butir	W_s	=	61.488	gr
Kadar air	Wc	=	66.35	%

Berat Volume Basah	γ	=	1.542	gr/cc
Spesific Gravity	G_s	=	2.621	
Angka Pori	e	=	1.739	
Berat Volume jenuh	γ_{sat}	=	1.592	gr/cc
Berat Volume efektif	γ'	=	0.592	gr/cc
Tekanan overburden	P_o	=	0.059	kg/cm ²
Tekanan Prakonsolidasi	P_p	=		kg/cm ²
Koefisien konsolidasi,	$C_v(t_{50})$	=	1.173E-03	cm ² /dtk
Koefisien permeability	k	=	6.38E-08	cm/det





CONSOLIDATION TEST

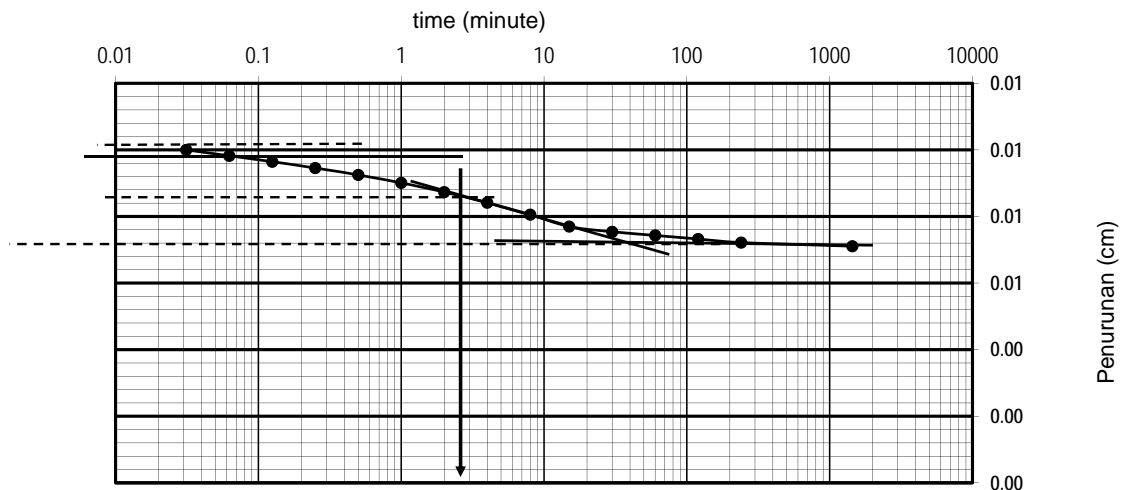
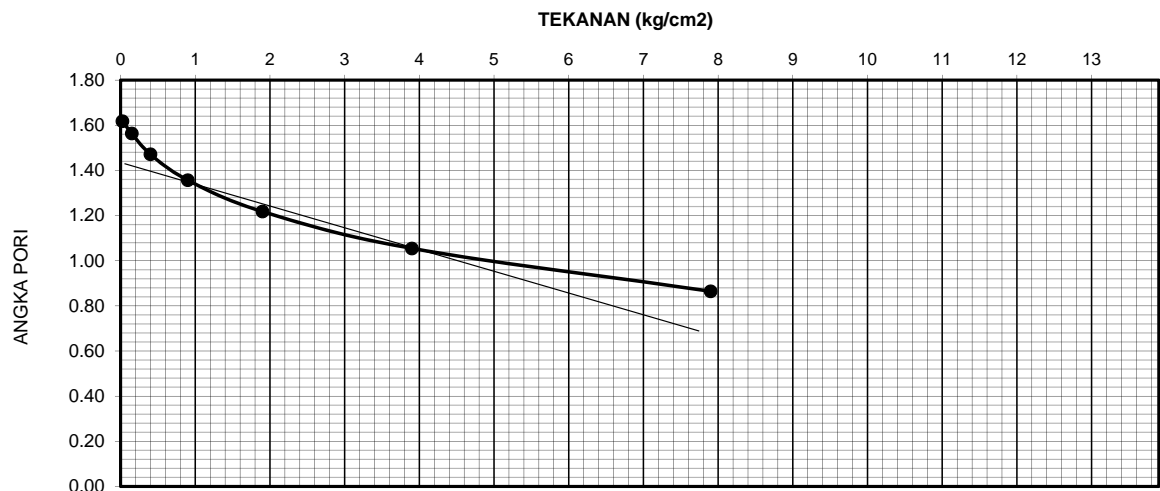
KLIEN : DEA NATHISA MULIAWATI
PROYEK : PENELITIAN (TUGAS AKHIR)
LOKASI : WONOREJO
QUARRY : -
Jenis materi : lempung, abu-abu terang

Tanggaldi uji : 04 Juli 2014
Diuji oleh : Umar Cs
Diperiksa oleh : Ir. Gani MT

Sample No. : 1

Tinggi Contoh	h_o	=	2.00	cm
Tinggi Solid	h_s	=	0.708	cm
Tinggi rongga	h_v	=	1.292	cm
Diameter	ϕ	=	6.50	cm
Area	A_o	=	33.17	cm ²
Volume total	V_t	=	66.33	cm ³
Berat sampel	W_t	=	102.48	gr
Berat butir	W_s	=	62.317	gr
Kadar air	W_c	=	64.46	%

Berat Volume Basah	γ	=	1.545	gr/cc
Spesific Gravity	G_s	=	2.653	
Angka Pori	e	=	1.710	
Berat Volume Jenuh	γ_{sat}	=	1.610	gr/cc
Berat Volume efektif	γ'	=	0.610	gr/cc
Tekanan overburden	P_o	=	0.061	kg/cm ²
Tekanan Prakonsolidasi	P_p	=		kg/cm ²
Koefisien konsolidasi,	$C_v(t_{50})$	=	1.263E-03	cm ² /dtk
Koefisien permeability	k	=	5.32E-08	cm/det



Peralatan Yang Digunakan



Tabung Selbi



Kop Tabung Selbi



Kunci Inggris, Martil



Mata Bor



Stang Bor

Proses Pengambilan Sampel Tanah





DAFTAR PUSTAKA

- A.Srinivasulu, T.V., Satranarayana, H.V. Hema Kumar. (2005). **Subsurface drainage in a pilot area in Nagarjuna Sagar right canal command, India**. Springer vol.19 hal.61-70
- Bachtiar, Shafur. (2008). **Studi Penggunaan Sumur Resapan Untuk Mengurangi Masalah Genangan di DPS Amprong Kecamatan Kedungkandang Kota Malang**. Malang: Jurusan Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Badan Pusat Statistik Kota Surabaya. (2013). **Kecamatan Dalam Angka Tahun 2012**. Surabaya: Badan Pusat Statistik Kota Surabaya.
- Bappeko. (2013). **Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Surabaya**. Surabaya: Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya.
- Bappeko. (2000). **Laporan Akhir Surabaya Drainage Master Plan (SDMP) 2018**. Jilid 2 Annex. Juni 2000. Surabaya: Badan Perencanaan Pembangunan Kota Surabaya.
- Dinas Bina Marga dan Pematusan Kota Surabaya. (2007). **Status Lingkungan Hidup Daerah Kota Surabaya**.
- Kodoatie, Robert J., Sugiyanto. (2002). Banjir, Beberapa Penyebab dan Metode Pengendaliannya Dalam Perspektif Lingkungan. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Masduki H.S. (1988). **Diktat Kuliah Drainase Permukiman**. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Maryono, Agus. (2007). **Eko-Hidrolik Pengelolaan Sungai Ramah Lingkungan**. Yogyakarta: Gajahmada University Press.

- Maryono, Agus. (2003). **Konsep Ekodrainase Sebagai Pengganti Drainase Konvensional**. Jakarta: PT. Kompas.
- Pandebesie. (2002). ***Pengelolaan Sistem Drainase dan Penyaluran Air Limbah***. Surabaya: ITS.
- SNI: 03-2453-2002. (2002). **Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan**.
- Soewarno. (1995). **Hidrologi – Aplikasi Metode Statistik Untuk Analisa Data**. Bandung: Nova
- Soewarno. (2000). **Hidrologi Operasional**. Bandung: Citra Aditya Bandung.
- Sosrodarsono, S dan Kazuto, N. (1994). **Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi**. Jakarta: Pradya Pramita.
- Suhardjono. (1984). **Drainase**. Malang: Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Sunjoto. (1991). **Hidrolika Sumur Resapan**. Yogyakarta: Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik Universitas Gajah Mada.
- Suripin. (2004). **Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan**. Jojakarta: Andi.

BIODATA PENYUSUN



Penyusun dilahirkan di Kota Pahlawan, Kota Surabaya, 21 November 1992 dan merupakan anak kedua dari 3 bersaudara pasangan Drs. Tri Joko Sri Haryono, Msi dan Dewi Iswani SH., MH. Penyusun menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di SDN Penjaringan Sari II Surabaya pada tahun ajaran 1998-2004, Sekolah

Menengah Pertama di SMPN 35 Surabaya pada tahun ajaran 2004-2007, serta Sekolah Menengah Atas di SMAN 17 Surabaya pada tahun ajaran 2007-2010. Setelah lulus dari SMAN 17 Surabaya, penyusun mengikuti ujian masuk ITS dan diterima di Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS pada tahun 2010 dan terdaftar dengan NRP 3310100005 dan resmi menjadi warga L-28. Penyusun yang mempunyai hobi berenang dan travelling juga aktif dalam organisasi Himpunan Jurusan sebagai sekretaris Departemen Seni dan Olahraga dalam 2 kali periode kepengurusan serta aktif dalam kepanitiaan di berbagai kegiatan himpunan. Apabila pembaca ingin bertanya berkaitan dengan perencanaan yang penyusun lakukan atau sekedar member saran dan kritik dipersilahkan mengirim email ke deanathisa@yahoo.com.